

IMPORTANCIA DEL FOSFORO EN LA PRODUCCION DE LA QUINUA
(*Chenopodium quinoa willd*)

ROCIO DEL CARMEN YEPES DAVALOS
ASESORA

YOLIMA ZEMANATE QUISOBONI
CODIGO: 25288318

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMIA
POPAYAN
2019.

IMPORTANCIA DEL FOSFORO EN LA PRODUCCION DE LA QUINUA
(*Chenopodium quinoa willd*)

ROCIO DEL CARMEN YEPES DAVALOS
ASESORA

YOLIMA ZEMANATE QUISOBONI
CODIGO: 25288318

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMIA
POPAYAN
2019

Tabla de contenido

Resumen	iv..v
Abstrac	vi.vii
Introducción.....	1..2.3
Planteamiento del problema	4..5
Justificación.....	6..7
Metodología.....	8
Objetivo General	9
Objetivos Específicos	9
1.Marco Teórico	10
1.1.Descripción taxonómica de la quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>)	10
1.2. Descripción botánica de la quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>)	10..11..12
2.1. Origen de la Quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>)	13..14
2.2. El valor cultural del cultivo de la quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>) para las comunidades Andinas.	15..16..17..18..9
2.3. Capacidad de adaptabilidad del cultivo de quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>).....	20..21..22
2.4. Requerimientos edafológicos para el cultivo de la quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>).	23
2.4.1. El suelo	23
2.4.2. Ph	26..27..28..29
2.4.3. Tolerancia de la quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>) a otros factores ambientales.	30
2.4.4. Nutrientes y Minerales esenciales	31...32
2.4.4.1. Nutrientes no minerales	32
2.4.4.2. Macronutrientes	33...34...35...36...37...38...39...40
2.4.4.3. Requerimientos y deficiencias nutricionales en el cultivo de la quinua (<i>Chenopodium quinua Willd</i>)	40...41...42...43...44...45...46
2.4.4.4. Otros factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la quinua (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>)	46...47

2.4.4.5. El cultivo orgánico o ecológico de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd.)	50..51..52..53..54.
3. Conocimientos culturales y técnicos del cultivo de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) ..	72...73...74...75...76
4. Reconocimiento nacional e internacional del cultivo de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Will) ..	77...78
5. Comercialización significativa de la quinua (<i>Chenopodium quinoa</i> Willd) ..	79... 80...81...82
Conclusiones.....	83...84...85
Bibliografía.....	86..87..88..89..90..91..92..93

Tabla de gráficos

Imagen N° 1: Contenido de minerales en el grano de la Quinoa (<i>Chenopodium quinoa Willd.</i>) comparado con otros cereales.	
Imagen N° 2: Términos descriptivos de los suelos según el pH y efectos esperados en cada rango.	26
Imagen N° 3: Interpretación del pH en el suelo	27
Imagen N° 4: Función de los nutrientes en las plantas.	33
Imagen N° 5: Ciclo del Nitrógeno (N)	34
Imagen N° 6: La fotosíntesis.....	38
Imagen N° 7: Esquema de la fotosíntesis	38
Imagen N° 8: Regulación del contenido hídrico y ajuste a las condiciones climáticas	
Imagen N° 9: El ciclo del Fosforo (P)	46

Resumen

Esta monografía surge del interés de conocer a demás de la importancia del Fosforo (P) en la producción de la quinua (*Chenopodium quínoa willd*), su origen, variabilidad genética y aporte nutricional en la alimentación humana y animal.

La quinua (*Chenopodium quínoa willd*) es uno de los cultivos originarios de los Andes, gracias a su variabilidad genética le ha permitido adaptarse a diferentes pisos térmicos, lo que constituye un factor importante en su distribución a nivel mundial.

La quinua (*Chenopodium quínoa willd*) se caracteriza por ser un cultivo de elevadas cualidades nutricionales, este pseudocereal tiene 22 % de proteína, mientras que el trigo posee 14%, el centeno, 12% y el arroz, 7 %; contiene dos aminoácido esenciales: metionina y lisina. No tiene gluten por lo que es más fácil de digerir y un alimento indicado para celíacos Antoni; González e, t. al (2013).

A su vez la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) muestra superioridad sobre los demás cereales en cuanto al contenido de fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), hierro (Fe), zinc (Zn), calcio (Ca) y manganeso (Mn). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), además provee de vitaminas naturales al humano, especialmente de A, C, D, ácido fólico, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina E, y a esto se suma el ser rica en

polifenoles, fitosteroles y flavonoides, que actúan favorablemente en la reducción de los niveles de lípidos y glucosa del plasma Ayala (2013); Abugoch e, t. al (2008).

Con respeto al Fósforo (P) este es un factor determinante ya que representa energía, es el que impulsa cada reacción enzimática de la planta; el ATP es, en efecto, la batería de la vida, el Fósforo (P) es también el principal mineral requerido en el proceso inmunológico de las plantas y además, por si fuera poco, la producción de glucosa (°Brix) a partir de la fotosíntesis se basa en gran medida de enzimas a base de fosfato. A su vez Stauffer y Sulewsk (2001) mencionan que el fosfato es un componente vital de todos los seres vivos. En el cuerpo humano el Fosforo (P) es el segundo nutriente mineral más abundante, un 80% del Fosforo (P) en los humanos es retenido en huesos y dientes, alcanzando un 20% del total de la composición del cuerpo, el resto es ampliamente distribuido en grasas, proteínas, azúcares, enzimas y sales asociados a cada célula del cuerpo.

Debido a la gran importancia que tiene el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa willd*) a nivel mundial, su aporte en fosforo (P) a la nutrición humana y animal, su fácil adaptación a las condiciones agroecológicas, a demás aprovechando la tendencia de consumo de alimentos orgánicos, este pseudocereal continuara siendo una buena alternativa de nutrición y una gran oportunidad generadora de ingresos debido al incremento de la demanda nacional e internacional, fomentando así el desarrollo del sector rural.

Abstrac

The current study came up from the interest of knowing the importance of Phosphorus (P) in the production of Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*), its origin, genetic variability and nutritional contribution in both human and animal feeding.

The Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) crops are native from the Andes region, due to its genetic variability, it has been able to adapt to different thermal floors, which contributes to its worldwide distribution.

The Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) is characterized by its high nutritional attributes, this pseudo-cereal contains 22% protein, whereas wheat contains 14%, rye contains 12% and rice contains 7%; it contains as well two essential amino acids: Methionine and lysine. It does not contain gluten so that is easier to digest and is suggested for people with celiac disease. (Antoni, Gonzales et. al., 2013).

Additionally, the Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) shows superiority over other cereals in terms of phosphorus (P), Magnesium (Mg), Potassium (K), Iron (Fe), Zinc (Zn), Calcium (Ca) and Manganese (Mn) content. Moreover, the Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) provides natural vitamins to human beings, chiefly A, C

and D vitamins, folic acid, thiamine, riboflavin, niacin and vitamin E, it is also rich in polyphenols, phytosterols and flavonoids which contribute to reduce the levels of lipids and glucose from the plasma. Ayala, (2013), Abugoch et. al., (2008).

Phosphorus (P) is a determining factor because it represents energy, it propels each plant enzymatic reaction; the ATP is in fact, life's battery, Phosphorus (P) is also the most important mineral required in the plant immunological process and moreover, glucose production (°Brix) from photosynthesis is based mainly in phosphate-based enzymes. In turn, Stauffer y Sulewsk (2001) state that phosphate is a vital component in every living being. In human body, Phosphorus (P) is the second more abundant nutrient, 80% phosphorus (P) is retained in bones and teeth, representing 20% of the total composition of the human body, the rest is represented by fats, proteins, sugars, enzymes and salts associated to each human body cell.

Due to the worldwide importance of Quinoa (*Chenopodium quinoa willd*) crops, its contribution in terms of Phosphorus (P) to both animal and human nutrition, its high adaptability to agro ecological conditions, and the increasing demand for organic nourishment, this pseudo cereal will continue being a good nutrition choice and a good income alternative due to its increasing worldwide demand.

Introducción

La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) en 1.996 cataloga a la quinua *Chenopodium quinoa Willd* como:

Uno de los cultivos promisorios de la humanidad, así mismo en el año 2.013 declara el año internacional de la misma, todo ello debido a lo excepcional de sus cualidades nutricionales, su diversidad, su resistencia a la sequía y al frío, siendo así una importante alternativa para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. (Bazile, Santivañez. 2014).

En los países andinos la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), sigue siendo un alimento básico y apreciada por sus cualidades dietéticas, su modo de cultivo. López y García, p.54. (2007) afirman que:

“Desde los años 80, ha experimentado un notable “boom”, que en América del Norte y en Europa debido al incremento de la demanda regional e internacional”.

Según Barghava et al.(2006) y Munir, (2011), las Perspectivas a partir del Año Internacional de la quinua *Chenopodium quinoa Willd*, 2013. Indican que:

Las primeras etapas de expansión mostraron el interés de los países importadores y consumidores para adaptar el cultivo de quinua *Chenopodium quinoa Will* a sus

ambientes como fue el caso de Estados Unidos, Canadá, Francia, Reino-Unido y Holanda. Otra etapa de la difusión mundial de quinua *Chenopodium quinoa Willd* empezó en los últimos años considerando los cambios climáticos a nivel global y la salinización de las tierras agrícolas. El caso del continente asiático entra en este caso con India luego China y Australia que siguen en esta misma dinámica, así también, países de los alrededores del mar mediterráneo y del norte de África. Esta ola de expansión de la quinua *Chenopodium quinoa Willd*), debido a su gran adaptabilidad, alta diversidad genética, resistencia a la sequía o tolerancia a la sal, su alto valor nutricional para la seguridad alimentaria de la población local y la posibilidad de generar nuevos ingresos a los agricultores.

Según el Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural, Aurelio Iragorri (2016).

Colombia cuenta con un área sembrada de 2.550 hectáreas, cuya producción es de 4.781 toneladas al año, se estima, que para el 2020 el país tendrá sembradas 10.000 hectáreas de quinua *Chenopodium quinoa Willd* orgánica y convencional, una producción aproximada a las 20.000 toneladas con la que se beneficiarán con empleo a cerca de 20.000 familias las cuales tendrán acceso a sistemas de producción diversificada y sostenible. Las principales zonas productoras en Colombia, se concentran en los departamentos del Cauca, Nariño, Boyacá y Cundinamarca. A nivel interno, está siendo comercializada en grano, harina, leche, coladas y snacks. En cuanto a exportación, la quinua viene siendo exportada en su mayoría a Estados Unidos e Italia y en menor cantidad a Australia, España, Taiwán y Emiratos Árabes unidos.

El Departamento del Cauca a través de la Gobernación, cuenta con un programa

encaminado a fortalecer la seguridad alimentaria, impulsando a los productores de quinua (*Chenopodium quinua Willd*) en diferentes zonas del Departamento, contando con un poco más de 700 hectáreas cultivadas y alrededor de 1.400 toneladas producidas en el 2013, según datos de la Secretaría de Agricultura, hoy la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) se ha consolidado como uno de los productos más atractivos y potenciales del Departamento tanto para comerciantes como productores. De acuerdo con los datos de la Cámara de Comercio del Cauca, desde el 2001 han surgido 19 empresas en el departamento que se encargan de la transformación de este producto. Y un poco más de 2.000 productores se encargan del proceso agrícola de la cadena de producción.

Se considera que la quinua (*Chenopodium quinua Willd*), puede desarrollarse en casi todos los tipos de suelo y que se adapta a diferentes condiciones climáticas, Mujica, A., Canahua, A. & Saravia, (1989), citados por Aracena, G.; Bitancor M. A demás sostienen que el rendimiento depende directamente de las condiciones climáticas de la zona donde se lleve a cabo el cultivo. Sin embargo no se debe olvidar que la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) es una planta exigente en nutrientes, tales como: Nitrógeno (N), Calcio (Ca), Fósforo (P) y Potasio (K); por ello requiere un buen abonamiento y fertilización. Los fertilizantes o abonos pueden ser sustancias de origen vegetal, animal, mineral o sintético, que contienen elevado contenido de nutrientes y se utilizan para mejorar las propiedades del suelo, las dosis a utilizar dependerán de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua; de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener.

Planteamiento del problema.

Dentro del amplio campo de la agronomía uno de los objetivos es mejorar las técnicas de producción y procesos en las diferentes etapas de crecimiento de las plantas, mejorando así su calidad, lo que permite intensificar la producción y que a su vez sea amigable con el ambiente.

Sin embargo el crecimiento acelerado de la población mundial, donde el mayor problema es la relación del número de personas con la cantidad de alimento disponible, el hombre se ha visto en la necesidad de recurrir a diferentes técnicas para aumentar la producción con el fin de abastecer de alimento a la humanidad, generando consecuencias como: la ampliación de la frontera agrícola, uso indiscriminado de los suelos y agroquímicos con el fin de obtener mayores rendimientos y ganancias incrementando con ello el deterioro ambiental.

Debido a ello los científicos advierten:

Que pronto “podríamos estar acercándonos, a nivel mundial, a los límites en el uso de agua dulce, en los cambios de uso del suelo, en la acidificación de los océanos y en la interferencia en el ciclo del fósforo” (Rockström et al. 2009). El aumento de las temperaturas, la disminución del suministro de agua dulce, el deterioro de las condiciones agrícolas y el crecimiento del nivel del mar son una amenaza cada vez mayor para la provisión mundial de alimentos (Battisti y Naylor 2009, FAO 2009b),

p.13

En Colombia cada vez es más común observar el uso indiscriminado de los suelos sin tener en cuenta su clasificación, la utilización de agroquímicos para suplir las necesidades nutricionales de las plantas. Ejemplo de ello son los subsidios que ofrecen algunos proyectos para la utilización de fertilizantes, con el fin de incrementar rendimientos y ganancias, impulsando así el uso excesivo de fertilizantes.

Para minimizar los impactos negativos al ambiente, se hace necesaria la investigación de cultivos promisorios que además de fortalecer la seguridad alimentaria sean amigables con el ambiente. Razón por la cual resulta relevante investigar sobre la importancia del fósforo (P) como elemento esencial en la nutrición de animales, plantas y específicamente en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Cultivo que por su versatilidad agronómica es capaz de adaptarse a los diferentes pisos térmicos y a su vez aporta importantes nutrientes a la dieta alimenticia humana.

Justificación

Esta propuesta nace a partir del interés de investigar acerca la importancia del fósforo (P) en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), siendo este elemento esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas, favoreciendo el desarrollo de las raíces, y la maduración de los granos, clasificándose como un nutriente primario. La inquietud surge también por la importancia cultural que tiene el cultivo para las culturas andinas y el impacto a nivel mundial que ha obtenido en los últimos tiempos, dado que en el año 2013 las Naciones Unidas declararon el Año Internacional de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), por su parte, Bazile & Santivañez (2013), sostienen que:

Esto la sitúa en un espacio privilegiado a nivel global, generando expectativas y desafíos, como: contar con estudios y artículos científicos, compilados y accesibles que describan con precisión el aporte potencial de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y sus limitaciones para implementar el cultivo y promover su consumo en diferentes zonas del mundo.

Los mencionados desafíos impulsan a trabajar en equipo con los conocimientos de los productores, técnicos y universidades que permitan a su vez aprovechar el auge que tiene el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a nivel mundial, nacional y

local. Por tal razón, esta propuesta pretende trabajar dentro del marco de la línea de investigación- Desarrollo Rural que busca:

Incorporar trabajos de investigación de todas aquellas áreas que propendan por el desarrollo rural estableciendo así mecanismos que permitan transferir conocimiento a las comunidades en el marco del componente del PAPS de lo comunitario y solidario.

Cifuentes G.ECAPMA (2013)

Metodología.

Para el desarrollo del trabajo se abordará la metodología desde la investigación documental, que permite comparar distintas fuentes de información, que son el resultado de otras investigaciones y de reflexiones teóricas. Al respecto Alfonso (1995), sostiene que “la investigación documental es un procedimiento científico, un proceso sistemático de indagación, recolección, organización, análisis e interpretación de información en torno a un determinado tema. Al igual que otros tipos de investigación, éste es conducente a la construcción de conocimientos”.

Como primer momento se procede a una revisión bibliográfica así como: documentos, también audiovisuales, trabajo de grado, artículos de revista y científicos, entre otras publicaciones que permitan cumplir con el propósito, el cual pretende visibilizar la importancia del fosforo (P) como elemento esencial en el desarrollo del cultivo de la quinua *Chenopodium quinoa willd.*

Se retoman los temas, subtemas y se organizan de tal forma que permitan fortalecer el proceso de construcción de conocimiento y llevar a cabo el objetivo del trabajo.

Finalmente del análisis crítico de las lecturas, se procede a sistematizar el trabajo con las reflexiones válidas, con la posibilidad de emitir suficientes argumentos para el

proceso de construcción de conocimientos significativos, que permitan darle validez al trabajo.

Objetivo General

Determinar mediante la revisión bibliográfica la importancia del fosforo en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*).

Objetivos específicos

- ❖ Indagar el origen del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*)
- ❖ Investigar el valor cultural del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) para las comunidades Andinas.
- ❖ Indagar los requerimientos edafologicos del cultivo de quinua (*Chenopodium quinua Willd*) para una adecuada producción
- ❖ Consultar y analizar los requerimientos nutricionales para óptimo desarrollo del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*).
- ❖ Considerar el comercio de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) como aspecto importante para la producción.

Marco Teórico

Descripción Taxonómica y Botánica de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*)

1.1 Clasificación taxonómica.

- División Magonoliophyta.
- Clase Magnoliopsida,
- Subclase Caryophyllidae,
- Orden Caryophyllales,
- Familia Chenopodiaceae,
- Género *Chenopodium*,
- Sección *Chenopodia* y subsección *Cellulata* (Cronquist 1995; Wilson, 1980).
- El género *Chenopodium* es el principal dentro de la familia *Chenopodiaceae* y tiene amplia distribución mundial, con cerca de 250 especies (Giusti, 1970).

1.2 Descripción botánica de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*)

La quinua (*Chenopodium quinua Willd*) es una planta anual, dicotiledónea, usualmente herbácea, que alcanza una altura de 0,2 a 3,0 m. Las plantas pueden presentar diversos colores que van desde verde, morado a rojo y colores intermedios entre estos.

-El tallo principal puede ser ramificado o no, depende del ecotipo, raza, densidad de siembra y de las condiciones del medio en que se cultiven, según (Gandarillas, 1968a; Tapia, 1990; Mujica, 1992). Es de sección circular en la zona cercana a la raíz, transformándose en angular a la altura de las ramas y hojas. Es más frecuente el hábito ramificado en las razas cultivadas en los valles interandinos del sur del Perú y

Bolivia, en cambio el hábito simple se observa en pocas razas cultivadas en el altiplano y en una buena parte de las razas del centro y norte del Perú y Ecuador.

-Las hojas son de carácter polimórfico en una sola planta; las basales son grandes y pueden ser romboidales o triangulares, mientras que las hojas superiores generalmente alrededor de la panoja son lanceoladas. Su color va desde el verde hasta el rojo, pasando por el amarillo y el violeta, según la naturaleza y la importancia de los pigmentos. Son dentadas en el borde pudiendo tener hasta 43 dientes. Contienen además gránulos en su superficie dándoles la apariencia de estar cubiertas de arenilla, estos gránulos contienen células ricas en oxalato de calcio y son capaces de retener una película de agua, lo que aumenta la humedad relativa de la atmósfera que rodea a la hoja y, consecuentemente, disminuye la transpiración (Tapia, 1990; Dizes y Bonifacio, 1992; Rojas, 2003).

-La inflorescencia es racimosa y se denomina panoja por tener un eje principal más desarrollado, del cual se originan los ejes secundarios y en algunos casos terciarios. Según Cárdenas (1944) quien agrupó por primera vez a la quinua *Chenopodium quinua* wild por su forma de panoja, en amarantiforme, glomerulada e intermedia, y designó el nombre amarantiforme por el parecido que tiene con la inflorescencia del género *Amaranthus*. La forma de panoja está determinada genéticamente por un par de genes, siendo totalmente dominante la forma glomerulada sobre la amarantiforme razón por la cual parece dudoso clasificar panojas intermedias. La panoja terminal puede ser definida (totalmente diferenciada del resto de la planta) o ramificada, cuando no existe una diferenciación clara a causa de que el eje principal tiene ramas relativamente largas que le dan a la panoja una forma cónica peculiar; asimismo, la panoja puede ser suelta o compacta, lo que está determinado por la longitud de los ejes secundarios y pedicelos, siendo compactos cuando ambos son cortos.

-Las flores son muy pequeñas y densas, lo cual hacen difícil la emasculación, se ubican en grupos formando glomérulos, son sésiles, de la misma coloración que los sépalos y pueden ser hermafroditas, pistiladas o androestériles. Los estambres, que son cinco, poseen filamentos cortos que sostienen anteras basifijas y se encuentran rodeando el ovario, cuyo estilo se caracteriza por tener 2 ó 3 estigmas plumosos. Las flores permanecen abiertas por un período que varía de 5 a 7 días, y como no se abren simultáneamente, se determinó que el tiempo de duración de la floración está entre 12 a 15 días (Heisser y Nelson, 1974; Mujica, 1992; Lescano, 1994).

-El fruto es un aquenio indehiscente que contiene un grano que puede alcanzar hasta 2,66 mm de diámetro de acuerdo a la variedad (Rojas, 2003).

-Según Tapia (1990), el perigonio cubre a la semilla y se desprende con facilidad al frotarlo. El episperma que envuelve al grano está compuesto por cuatro capas: la externa determina el color de la semilla, es de superficie rugosa, quebradiza, se desprende fácilmente con agua, y contiene a la saponina.

2.1 Origen de la Quinua (*Chenopodium quinua Willd*)

La quinua (*Chenopodium quinua Willd*) es una planta anual que presenta una amplia diversidad de cultivos y variedades. Es una de las especies domesticadas en los alrededores del lago Titicaca, entre Perú y Bolivia (Bazile, Santivañez 2013). Se cultivó en el pasado a lo largo de la Región Andina y fue un componente importante en la dieta de los pueblos andinos prehispánicos. Una segunda fuente de información para conocer el origen y distribución de este grano andino, es la tradición que existe en el consumo de este grano en Colombia, Ecuador Perú, Bolivia, norte de Chile y Argentina, tanto en la preparación de diferentes platos como: sopas, dulces, bebidas y panes; asimismo, las hojas en ensaladas y los alimentos procesados (Tapia, 1979).

Posteriormente, (Cieza de León, 1960) indica que la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) se cultivaba en las tierras altas de Pasto y Quito, mencionando que en esas tierras frías se siembra poco maíz y abundante quinua (*Chenopodium quinua Willd*).

A su vez Patiño (1.964) menciona que en sus revisiones sobre La Paz se habla de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) como una planta que servía de alimento a los indígenas. Jiménez de la Espada, (1885, II, 68) y finalmente Humboldt, al visitar Colombia, indica que la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) siempre ha acompañado a los habitantes de Cundinamarca.

Mujica y Jacobsen (2006) mencionan que históricamente la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) se ha cultivado desde el norte de Colombia hasta el sur de Chile desde el nivel del mar hasta los 4.000 m.s.n.m, pero su mejor producción se consigue en el rango de 2.500-3.800m con una precipitación pluvial anual entre 250 y 500mm y una temperatura media de 5-14 °C. De los Andes de América, Bolivia es el país con mayor exportación como quinua orgánica a USA y países europeos. La importancia de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) reside en la alta calidad como alimento, la utilización completa de la planta y su amplia adaptación a condiciones agroecológicas. Su utilización racional está orientada a rescatar el sistema tradicional del cultivo de quinua, que es el manejo ecológico de suelos, plagas y enfermedades con la perseverancia en el sistema tradicional de los agricultores de este cultivo (p.450)

2.2 El valor cultural del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) para las comunidades Andinas.

García (2013, p. 1) menciona que entre las dinámicas históricas de las comunidades indígenas y campesinas, ubicadas a lo largo y ancho de los andes está la de haber aprendido a convivir con la naturaleza que para algunos sectores es agreste por la diversidad de climas, latitudes, orografías y formas de vida. Escenario éste que junto a las características climatológicas, pluviales, entre otros, han posibilitado la construcción de un sistema de saberes y tecnologías que le permiten producir, a sus habitantes, en cualquier condición agro climática y aún de riesgo natural.

Según (Mesa et al. 1988), las culturas andinas poseen una historia de quien han heredado, construido y desarrollado sistemas de saberes y dentro de eso saberes esta uno de los cultivos más importantes, como lo es la quinua (*Chenopodium quinua* Willd), cuyo centro de origen es el área próxima al lago Titicaca (Departamento La Paz y Perú). Actualmente se debe entender la agricultura como un eje cultural que refleja su estrecha relación con la cosmovisión andina.

Durante milenios, las comunidades indígenas de América investigaron con mucho cuidado los recursos del continente. Además de domesticar especies animales, cultivaron variados vegetales para obtener alimentos y remedios; utilizaron otras plantas como estimulantes o anestésicos; recolectaron venenos o narcóticos según los efectos que producían en especies animales; por último, optimizaron al más alto grado

industrias como la cerámica, el tejido y la orfebrería. Con objeto de apreciar estas inmensas elaboraciones basta medir la contribución de América frente a las civilizaciones del Viejo Mundo. En cuanto a cultivos y gastronomía no resultan insignificantes la adaptación de cierta variedad de la yuca, mandioca o tapioca a la condición de alimentos básicos como el casabe; si nos detenemos en el maíz vemos que transformaron una simple gramínea en el pródigo vegetal que hoy conocemos, además de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus diferentes preparaciones, la batata, la papa, habas, trigo, cebada, frijoles, zapallo; diversidad de frutas y plantas como el tabaco, el algodón Zambrano (2006).

Dentro de los cultivos más importantes desarrollados por las comunidades Andinas esta la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una especie, domesticada y cultivada por distintas culturas indígenas de los Andes desde tiempos inmemorables. En la actualidad se presenta como una opción alimentaria importante, especialmente en la nutrición de la población infantil (Sañudo et al., 2005).

Según Ayala et al. (2001), la calidad nutricional del grano de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es considerable por su contenido y cantidad proteínica, siendo rico en los aminoácidos lisina y azufrados, mientras que, por el contrario, los cereales son deficientes en estos aminoácidos.

Imagen N°: 1 Contenido de minerales en el grano de la Quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*)

Comparado con otros cereales.

Mineral	Quinoa	Trigo	Arroz	Frijol
	mg/100 g alimento			
Calcio	148,7	50,0	27,6	119,1
Fósforo	383,7	380,0	284,5	367,4
Hierro	13,2	5,0	3,7	8,6
Potasio	926,7	500,0	212,0	1098,2
Magnesio	246,9	120,0	118,0	200,0
Sodio	12,2	10,0	12,0	10,3
Cobre	5,1	0,5	0,4	1,0
Manganeso	10,0	2,9	0,0	0,0
Zinc	4,4	3,1	5,1	0,0
Cloro	153,3			
Azufre	193,3			
Aluminio	11,0			
Boro	1,0			
Cobalto	0,005			
Molibdeno	0,001			
Selenio	0,003			

Fuente: *ERPE, INIAP, IICA, GTZ. Op Cit.

En investigaciones, La FAO (2011) menciona los múltiples beneficios de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) tales como: alimentarios, químicos, farmacéuticos y cosméticos e industriales; también medicinales y rituales en sus formas ligadas a la tradición conocidas desde tiempos remotos, en las comunidades de los Andes, se menciona que los curanderos Kallawayas (en Aymara significa portadores de yerbas medicinales) hacen múltiples usos de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) para fines curativos e inclusive mágicos, utilizando el grano, los tallos, y las hojas para este fin. Los modos de preparación y de aplicación varían para el uso interno como externo. Entre sus usos más frecuentes menciona:

- En el tratamiento de abscesos, hemorragias y luxaciones.
- El tallo y las hojas de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) cocidas con aceite, vinagre y pimienta proporcionan sangre.
- La cocción de las hojas con vinagre (gárgaras) o se coloca una cataplasma, se desinflama la garganta y se curan las anginas. La cocción de hojas con azúcar y

canela, este cocimiento purifica el estómago, desaloja la flema y la bilis y quita las náuseas y el ardor del estómago.

- La infusión de las hojas, para tratar infecciones de las vías urinarias o como laxante.
- Las hojas frescas de la quinua ‘chiwa’, consumidas ya sea en forma de sopas o de segundo, es el remedio indicado contra el escorbuto y otros males o enfermedades causadas por una avitaminosis o falta de alguna vitamina en el organismo.
- Es un remedio probado contra el ántrax, herpes, urticaria, ‘llejti’ y otras afecciones de la piel (Zalles y De Lucca, 2006), citado por la FAO (2011).
- El grano de quinua tiene diversas formas de uso para combatir las afecciones hepáticas, las anginas y la cistitis.
- Es un analgésico dental y tiene la cualidad de ser antiinflamatorio y cicatrizante, Su fruto contiene bastante cantidad de sustancias alcalinas y se usa como remedio en las torceduras, fracturas y luxaciones,
- Se recomienda como refrigerante, diurético y preservativo para cólicos.
- El agua del grano cocido cura abscesos del hígado y supuraciones internas, afecciones catarrales, es un laxante suave, es bueno para el insomnio, combate la caspa y es buen tónico para el cabello, según los curanderos Kallawayas.
- Para (Pinto et al., 2010), citado por la FAO (2011), el agua de grano cocido con leche y aceite de almendras sirve para lavar los oídos ante el dolor, los ruidos y la sordera,
- El caldo, sopa, o graneado caliente de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un tónico nutritivo, aumenta la leche materna, es reparador de fuerzas, y preserva de la tuberculosis.

- La sopa de quinua con ullucu o papalisa picada o la chicha de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) aumentan en forma inmediata la leche de las mujeres que dan de lactar.
- Según Zalles y de Lucca (2006) citado por la FAO (2011), el cocimiento de 5 cucharadas de semillas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en dos botellas de agua es un buen sudorífico. Este mismo cocimiento, endulzado con miel de abejas o chancaca, es un remedio probado contra las afecciones bronquiales, catarro, tos e inflamación de las amígdalas.
- El caldo, sopa, o graneado caliente de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un tónico nutritivo según Zalles y De Lucca, (2006), citado por la FAO (2011), aumenta la leche materna, es reparador de fuerzas, y preserva de la tuberculosis. La sopa de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) con ullucu o papalisa picada o la chicha de quinua aumentan en forma inmediata la leche de las mujeres que dan de lactar. Contra la neumonía y los dolores de espalda y de cintura, se aplica a las partes afectadas, parches o emplastos preparados con el cocimiento de malva y harina de los granos de quinua (p.14-15).

2.3 Capacidad de adaptabilidad del cultivo de quinua (*Chenopodium quinua* Willd)

(Zurita et al. 2014) afirman que la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) prospera en una amplia gama de condiciones de suelo y clima, desde zonas frías y áridas a regiones tropicales húmedas. La capacidad de adaptación de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) a varios niveles de sequía se debe a la diferenciación de una diversidad de ecotipos que se originaron en agro-ambientes contrastantes. Las plantas presentan diferentes estrategias de adaptación al estrés por sequía, desde adaptaciones fisiológicas a morfológicas que sirven a una variedad de respuestas al déficit hídrico, que incluye, la resistencia y la tolerancia. Las plantas hacen frente a la sequía mediante el cambio y la modificación de procesos fisiológicos fundamentales tales como la fotosíntesis, la respiración, las relaciones hídricas, los metabolismos hormonales y antioxidantes. Las respuestas de la planta a la sequía implican cambios en el crecimiento de la hoja y la raíz, en algunos casos con fuerte variación ontogenética. Estas respuestas a la sequía, tanto a nivel fisiológico como morfológico muestran la variación intraespecífica en relación a la diferenciación ecotípica.

Según Mujica (1992) las quinuas cultivadas tienen una gran diversidad genética, mostrando variabilidad en aspectos propios de cada especie como: coloración de la planta, inflorescencia y semilla, en los tipos de inflorescencia, y en el contenido de proteína, saponina y betacianina en las hojas, con lo que se obtiene una amplia

adaptación a diferentes condiciones agroecológicas (suelos, precipitación, temperatura, altitud, resistencia a heladas, sequía, salinidad o acidez).

Entre las principales variedades conocidas en la región Andina, (Aroni et al., 2003; Mujica et al., 2004) menciona:

- Bolivia cuenta con 22 variedades sin tener en cuenta las amargas.
- Perú posee 29 variedades.
- Ecuador 13 variedades.
- Colombia se conocen la Nariño y Dulce de Quito pampa.
- Chile las variedades Baer, Lito, Faro y Picchaman
- Argentina la Blanca de Jujuy.

Para el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF et al. 2013) la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un grano que posee características intrínsecas sobresalientes, entre ellas: su amplia variabilidad genética cuyo acervo genético es extraordinariamente estratégico para desarrollar variedades superiores (precocidad, color y tamaño de grano, resistencia y/o tolerancia a factores bióticos y abióticos, rendimiento de grano y subproductos). Se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, el cultivo puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, soportar temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, obteniéndose producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm. Su capacidad de adaptabilidad a condiciones adversas de clima y suelo donde otros cultivos no pueden desarrollarse, se pueden obtener cosechas desde el nivel del mar hasta los 4.000 metros de altitud (altiplano, salares, puna, valles interandinos, yungas, nivel del mar); su calidad nutritiva representada por su composición de aminoácidos esenciales tanto en

calidad como en cantidad, le convierte en un alimento funcional e ideal para el organismo y su diversidad de formas de utilización tradicional, no tradicional y en innovaciones industriales.

Mujica, Canahua & Saravia, (1.989) mencionan que la quinua (*Chenopodium quinua Willd*), puede desarrollarse en casi todos los pisos térmicos, se adapta a diferentes condiciones climáticas, en torno a ello, se considera que la variabilidad de esta planta se debe a el relieve que presenta la región andina, quien constituye un factor de gran importancia que influye en el cultivo, ya que por su alta variabilidad genética, se adapta a diferentes climas, que van desde aquellos calurosos-secos como el clima de la costa a aquellos templados lluviosos y aquellos fríos, que constituyen temperaturas óptimas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.4. Requerimientos edafológicos para el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*).

2.4.1. El suelo

El suelo es el medio natural para el crecimiento de las plantas, es quien suministra soporte físico y anclaje para muchas de ellas, así como nutrientes de diversas clases. Sin embargo, es mucho más que un soporte pasivo o un simple recipiente de agua y sales nutritivas; es un medio muy complejo que influye en la vida de la planta de muchas maneras, ya que las raíces no sólo viven en él, sino que crecen a través suyo, y sus propiedades químicas y físicas pueden tener fuertes interacciones con las raíces vivas.

El sistema suelo-raíz es un complejo viviente y dinámico cuyas interrelaciones se deben valorar antes de que pueda comprenderse la vida de la planta que crece en él. (R Bidwell, 1.993 p. 284).

Marsh (1978), citado por Chavarría (2007), señala al suelo como un medio complejo, en constante cambio y en intrínseca relación con el aire, las rocas, el relieve, la flora, la fauna, el agua y otros factores climáticos. Todo esto tiende a que en los suelos se den características específicas tales como: la textura, la estructura, la densidad, porosidad, la profundidad, pedregosidad, drenaje, el color, entre tantas otras. Las que se conocen como propiedades físicas.

2.4.2. Textura y estructura del suelo

Con respecto a la textura y estructura del suelo el INPOFOS (2012, p. 29) menciona que estas influyen en la cantidad de agua y aire que la planta puede retener. Así como también el tamaño de las partículas es importante debido a que:

- Las pequeñas partículas de arcilla se encuentran más íntimamente unidas entre sí que las partículas más grandes de arena. Esto significa poros más pequeños para retener agua y aire.
- Las partículas más pequeñas poseen un área superficial mayor que las partículas más grandes. Por ejemplo, la partícula más grande de arcilla tiene aproximadamente 25 veces más área superficial que la partícula más pequeña

de arena. A medida que el área superficial se incrementa, también la cantidad de agua absorbida (retenida).

- Las arenas entonces, retienen pequeñas cantidades de agua debido a que sus poros de tamaño grande permiten que el agua drene libremente del suelo.

Para Ponce y Hill (2004, p. 4) el suelo tiene una buena textura cuando la proporción de los elementos que lo constituyen le dan la posibilidad de ser un soporte capaz de favorecer la fijación del sistema radicular de las plantas y su nutrición, así mismo es fundamental en la capacidad impermeabilizante y de retención del agua, así como del mayor o menor rendimiento del sistema radicular de las plantas para asimilar los nutrientes de la solución del suelo. La textura representa el porcentaje en que se encuentran los elementos que constituyen el suelo.

La FAO (2000, p.1) menciona que la textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo. Esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas. La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad del agua del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación.

Para Gómez y Agudelo (2006, p.10) la concentración de oxígeno, dióxido de carbono y agua en el suelo; se debe tener en cuenta que estos varían dependiendo del suelo, la época del año, el clima, el tipo de cultivo, la actividad de los microorganismos

y el manejo que se da a los residuos de la cosecha, entre otros factores; siendo estos, componentes esenciales para que los organismos del suelo puedan llevar a cabo la respiración, facilitando así un suelo bien aireado y el intercambio de gases entre el suelo y la atmósfera. La aireación y la temperatura del suelo afectan decisivamente la calidad de los suelos como habitats para las plantas y otros organismos.

Para Sadzawka y Campillo (1993, p. 17) la acidificación de los suelos, es uno de los factores más importantes que afectan la disponibilidad de los nutrientes, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas. Existen diferentes factores, tanto naturales como antrópicos, que condicionan la magnitud e intensidad del proceso de acidificación de los suelos.

(Suarez, 1991; Rowell, 1996), mencionan que este fenómeno corresponde a un proceso natural en zonas de alta precipitación donde las bases de intercambio son lixiviadas, presentando además un incremento del aluminio intercambiable. Una precipitación pluvial mayor y más intensa produce una lixiviación o pérdida de las bases de intercambio del suelo (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} y K^{+}) que son reemplazadas por H^{+} y Al^{+3} (cationes ácidos).

2.4.2. Ph

Sadzawka y Campillo, (1993, p. 9) mencionan que el pH es una de las propiedades más importantes del suelo que afectan la disponibilidad de los nutrimentos, controla muchas de las actividades químicas y biológicas que ocurren en el suelo y tiene

una influencia indirecta en el desarrollo de las plantas, es un valor que expresa la actividad del ión hidrogeno en la solución del suelo. La actividad de un ión puede definirse como la concentración efectiva de ese ión en una solución.

Imagen 2: Términos descriptivos de los suelos según el pH y efectos esperados en cada rango.

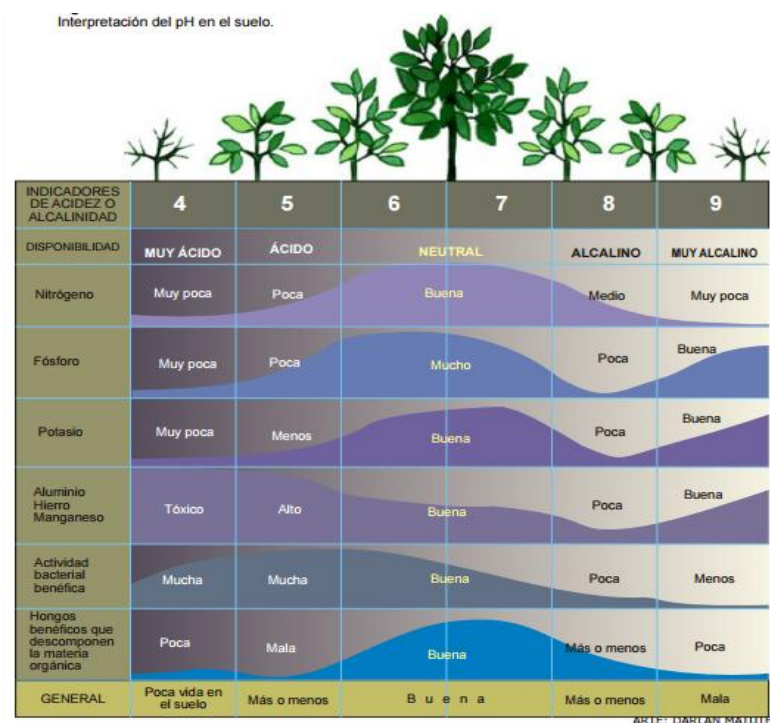
Termino descriptivo	Rango de ph en agua	Efecto esperado
Extremadamente acido	< 4,5	Condiciones muy desfavorables
Muy fuertemente acido	4,5-5,0	Toxicidad de Al^{+3} y exceso de Cu, Co, Fe, Deficiencia de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S. Actividad bacteriana escasa.
Fuertemente acido	5,1-5,5	
Moderadamente acido	5,6-6,0	Adecuado para la mayoría de los cultivos
Ligeramente acido	6,1-6,5	Máxima disponibilidad de nutrientes
Neutro	6,6-7,3	Mínimos efectos tóxicos. Bajo ph 7,0 no hay carbonato de Ca.
Ligeramente alcalino	7,4-7,8	Suelos generalmente con $CaCO_3$
Moderadamente alcalino	7,9-8,4	Disminuye la disponibilidad de P Deficiencia creciente de Co, Cu, Fe Mn y Zn. Clorosis Férrica.
Fuertemente alcalino	8,5-9,0	En suelos no sódicos, puede haber $MgCO_3$, mayores problemas de clorosis férrica, toxicidad de B
Muy fuertemente alcalino	>9	Presencia de Carbonato de Na Suelos sódicos, toxicidad de B y Na Deficiencia de micronutrientes excepto Mo Actividad microbiana escasa Condiciones muy desfavorables.

Fuentes: Soil Science Soety of América (1987); López y Roquero (1999); Brady y Weil, (2002); Schoeneberger et al.. 2002.

Osorio (2012, p. 1) afirma que el pH de la solución del suelo es un buen indicador de la disponibilidad de nutrientes, esto se debe a que la presencia de los iones de aluminio (Al^{3+} , $Al(OH)_2^+$), H^+ y OH^- son determinantes de la solubilidad de los nutrientes en el suelo (fosfato, sulfato, molibdatos, hierro, manganeso, cobre, zinc) o son indicadores de la escasez de las formas disponibles de algunos de ellos en el suelo (calcio, magnesio, potasio, sodio). Por ejemplo, cuando el suelo tiene un pH cercano a la neutralidad o alcalino ($pH \geq 6.5$), la abundancia de iones (OH^-) produce la precipitación de compuestos insolubles de hierro, manganeso, cobre y zinc. En suelos de ph bajo (< 5.5), la presencia de iones de Aluminio (Al) restringe la solubilidad-disponibilidad de

fosfato, sulfato y molibdato. Igualmente, se restringe la nitrificación y la descomposición de la materia orgánica del suelo. El efecto será más severo si el pH es aún más bajo, la solubilidad del fosfato también es menor si hay exceso de calcio, debido a la formación de precipitados insolubles de fosfato de calcio, lo anterior ocurre significativamente a valores de $\text{pH} \geq 6.5$, mientras que regiones lluviosas los suelos tiende a tener valores de pH muy bajos (≤ 5.0) y acompañado a esto hay una tendencia a tener baja disponibilidad de calcio, magnesio y potasio. En general, el boro (en forma ácido bórico, H_3BO_3) es bastante soluble si el suelo es ácido.

Imagen 3: interpretación del pH en el suelo



Fuente: Manual de Fertilizantes y Enmiendas, Arévalo y Castellano 2009 (p.24).

Mujica (1993) menciona que la quinua (*Chenopodium quinoa wild*), puede crecer en una amplia variedad de suelos cuyo pH varié de 6 a 8,5. Prefiere los suelos franco-arenosos con buen drenaje, ricos en nutrientes especialmente Nitrógeno (N). Es susceptible al exceso de humedad en sus primeros estados. Se ha observado producciones aceptables en suelos arenosos con déficit de humedad.

Según Gomez y Pando (2016, p. 5) la quinua (*Chenopodium quinoa wild*) puede crecer en un rango amplio de diferentes tipos de suelos, siendo los óptimos los de buen drenaje francos, semi profundo con un alto contenido de materia orgánica. Se debe evitar suelos con problemas de anegamiento o inundación porque dificultan el establecimiento inicial del cultivo y luego a lo largo del ciclo propician la podredumbre radicular. Se puede encontrar variedades de quinua cultivadas en suelos con pH desde 4.5 (en los valles interandinos del Norte del Perú) hasta 9.0 (altiplano Peruano Boliviano y los salares de Bolivia).

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) pertenece a las quenopodiáceas (familia Amaranthaceae), un grupo de plantas que comprende el mayor número de géneros halófitos (es decir, “amantes de la sal”). La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es considerada como una halófita facultativa y algunas variedades son capaces de hacer frente a niveles tan altos de salinidad como los presentes en el agua de mar, es decir, la conductividad eléctrica (CE) de ca. 50 dS/m (correspondiente a aproximadamente 600 mM de NaCl). Por lo tanto no es sorprendente que la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) crezca en suelos salinos, desde los salares del altiplano boliviano a las zonas costeras de Chile. La naturaleza halófita de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) ha

sido confirmada también en condiciones experimentales (en maceta e hidropónico). En un experimento de invernadero, Hariadi et al. (2011) probaron seis niveles de salinidad durante 70 días en el cultivar Titicaca y observaron un efecto inhibitor significativo sobre la germinación de las semillas sólo para concentraciones superiores a 400 mM de NaCl, mientras que el crecimiento óptimo de las plantas se obtuvo entre 100 y 200 mM de NaCl. Esto está de acuerdo con resultados previos que muestran que el rendimiento de la quinua (*Chenopodium quinua Willd*) es más alto bajo condiciones moderadamente salinas (10-20 dS m⁻¹) (Jacobsen et al. 2003).

Para INTAGRI (2017, p 4), una de las principales causas de la deficiencia de fósforo es el pH del suelo. En suelos alcalinos, es decir, con pH mayor a 7, la solubilidad del fósforo disminuye debido que reacciona con el calcio (Ca) formando compuestos insolubles o de baja solubilidad como los fosfatos de calcio. Por otra parte, en suelos con pH menor a 6 tiende a ser fijado por el aluminio (Al) y el hierro (Fe), precipitando como compuestos insolubles. En este sentido, el rango de pH del suelo donde se da la máxima disponibilidad de fósforo va de 6 a 7. Otras de las posibles causas de la deficiencia de fósforo en los cultivos son: la compactación de suelo, las bajas temperaturas, el exceso o la falta de humedad, la falta de crecimiento radical, la acción de plagas y enfermedades en raíces, y el bajo contenido de materia orgánica del suelo.

2.4.3. Tolerancia de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) a otros factores ambientales.

La quinua (*Chenopodium quinua* Willd) también es tolerante a otros tipos de factores ambientales adversos (colectivamente conocidos como “estrés abiótico”), tales como las heladas (Jacobsen et al. 2005, 2007); (Rosa et al. 2009), y la sequía (Bosque-Sánchez et al. 2003); (García et al. 2003, Geerts et al. 2006), (Pulvento et al. 2010); (Jacobsen et al. 2009, 2012, Fuentes y Bhargava 2011); Razzaghi et al. (2012a, b). Por esta razón, está atrayendo la atención de investigadores de todo el mundo como posible cultivo alternativo frente a la disminución de los recursos de agua dulce y el aumento de la salinización del suelo, y como especie modelo para desentrañar los mecanismos en la base de la tolerancia al estrés en las plantas. Hoy en día, la investigación sobre la quinua (*Chenopodium quinua* Willd) está avanzando más allá de la tolerancia a la sal y la sequía, e incluye estudios sobre los efectos de otros factores inductores de estrés abiótico (por ejemplo, metales pesados, altas y bajas temperaturas, radiaciones UV/FR) y biótico (patógenos).

Para (Ruiz et al, 2013) la amplia diversidad genética de la quinua (*Chenopodium quinua* Willd), le ha permitido adaptarse a distintos tipos de suelos, particularmente suelos salinos y ambientes con condiciones muy variables de humedad, de altitud y de temperatura. Esta rusticidad y adaptabilidad constituye una ventaja mayor en un contexto de cambio climático y de salinización de las tierras agrícolas a nivel mundial.

2.4.4. Nutrientes y Minerales esenciales

Los elementos que se encuentran en el sistema suelo-planta pueden ser: a) Esenciales: sin ellos la planta no vive; b) Benéficos: con ellos aumenta el crecimiento y la producción en situaciones particulares o la tolerancia a condiciones desfavorables del medio (clima, plagas, enfermedades, compuestos tóxicos del suelo, del agua o del aire), pero la planta puede vivir sin ellos; c) Tóxicos: con ellos disminuye su crecimiento y producción, pudiendo llegar a provocar la muerte (por ej. Al, Pb, Cr, Cd, Hg). Cabe aclarar que todo elemento es potencialmente tóxico en altas concentraciones. Los elementos categorizados como tóxicos, lo son inclusive a muy bajos tenores (Malavolta 1997, p.2).

Salas (2002, p. 11), afirma que el rendimiento de los cultivos está basado inicialmente en la disponibilidad de nutrimentos en el suelo. Los suelos varían enormemente en una serie de propiedades que de una u otra forma, afectan el desarrollo y rendimiento del cultivo. Propiedades tales como tipo de arcilla, contenido de materia orgánica y de agua y propiedades físicas, etc., que afectan la disponibilidad de elementos, mientras que el genoma de la planta, microorganismos, temperatura, agua y ph del suelo afectan la absorción de nutrimentos por la planta. La adecuada nutrición mineral de un cultivo está influenciada por el conocimiento de los requerimientos de la planta y por la cantidad e intensidad de nutrimentos del suelo en donde se tiene el cultivo. Cuando el suelo no puede suplir adecuadamente los nutrimentos para un normal

desarrollo de las plantas, se hace necesaria su adición en las cantidades y formas apropiadas.

Un elemento es considerado esencial cuando cumple con uno o con los dos criterios de esencialidad establecidos por Arnon y Stout (1939): a) Directo: el elemento participa de algún compuesto vital o de alguna reacción crucial para la vida de la planta; y b) Indirecto: en ausencia del elemento la planta no completa su ciclo de vida, muestra síntomas de carencia y muere, ya que no puede ser sustituido por ningún otro elemento. En general, cada uno de los elementos esenciales confirma los dos criterios de esencialidad (Malavolta, 1994- 1997).

2.4.4.1 Nutrientes no minerales

Los nutrientes no minerales son carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O). Estos nutrientes se encuentran en el agua y en la atmósfera y son usados en la fotosíntesis, en este proceso las plantas toman el dióxido de carbono (CO_2) y el agua y mediante la energía del sol los transforman en hidratos de carbono (azúcares y almidones), de esta manera utilizan estas sustancias como alimento para construir su propio organismo. Mientras que los 13 nutrientes minerales son aquellos provenientes del suelo, están divididos en tres grupos: primarios, secundarios y micronutrientes INPOFOS (2012-2013, p. 28)

2.4.4.2. Macronutrientes

Macronutrientes son los elementos de los que más se alimenta la planta. Son de dos clases: primarios y secundarios.

- Los nutrientes primarios son: Nitrógeno (N), Fósforo (P), y Potasio (K). Las plantas usan gran cantidad de estos elementos, y por eso tienes que reponerlos continuamente.
- Los nutrientes secundarios son: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), y Azufre (S). Por lo general hay cantidades suficientes de estos nutrientes en el suelo, y no siempre es necesario fertilizar, (2012, p. 28).

Imagen 4: Función de los nutrientes en las plantas.

Elemento	Símbolo químico	Forma absorbida	Función en las plantas
Carbono	C	CO ₂	Componente fundamental de carbohidratos, proteínas, lípidos y aminoácidos.
Hidrógeno	H	H ₂ O	Metabolismo, importante en balance iónico, agente reductor en reacciones de energía a nivel celular.
Oxígeno	O	H ₂ O, O ₂	Componente de todos los compuestos orgánicos.
Nitrógeno	N	NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻	Componente de proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos.
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	Transferencia de energía y metabolismo de proteínas.
Potasio	K	K ⁺	Importante en la fotosíntesis, transporte de fotosintatos y reserva de almidones.
Calcio	Ca	Ca ²⁺	División celular, mantiene la integridad de las membranas. Es importante en la formación y desarrollo uniforme del fruto.
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	Componente de la molécula de clorofila y cofactor de reacciones enzimáticas. Incrementa la producción de azúcares.
Azufre	S	SO ₄ ²⁻ , SO ₂	Transfiere energía a la planta.
Cobre	Cu	Cu ²⁺	Componente de varias sustancias (hormonas), que permiten el desarrollo de las plantas.
Hierro	Fe	Fe ²⁺ , Fe ³⁺	Formación de proteínas. Crecimiento de la raíz y puntos aéreos y transferencia de energía.
Manganeso	Mn	Mn ²⁺	Transporte de electrones, germinación del polen y crecimiento del tubo de polen.
Zinc	Zn	Zn ²⁺	Junto con el boro cumple un papel importante en la formación de los frutos y el transporte de electrones.
Boro	B	H ₂ BO ₃	Metabolismo de carbohidratos en la síntesis de la pared celular.

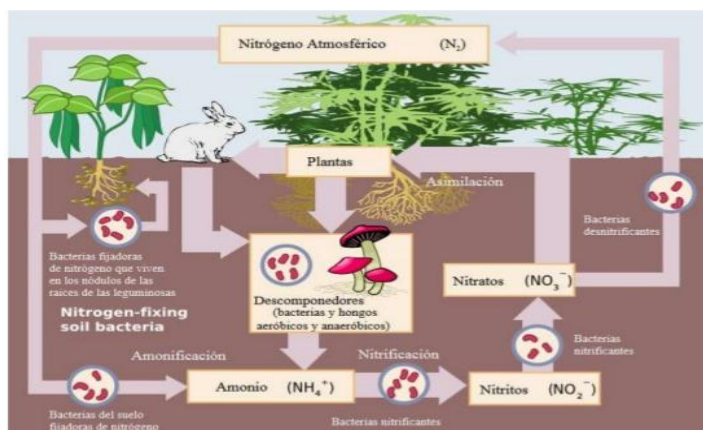
Fuente: Manual de Fertilizantes y Enmiendas Arévalo y Castellano, 2009 (p.18).

El Nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. Debido a la importancia del Nitrógeno (N) en las plantas, junto al fósforo (P) y al potasio (K) se lo clasifica como macronutriente, Perdomo (2008, p.61).

Dentro de un ecosistema, el Nitrógeno (N) se encuentra en los restos del material orgánico de las plantas y animales que son atacados por los micro-organismos de tipo amonificadores que liberan Nitrógeno (N_2) a la atmosfera y Amoniacio (NH_3) al suelo. Los micro-organismos nitrificadores producen Dióxido de Nitrógeno (NO_2) que se convierten en Nitrógeno (N_2) a través de los denitrificadores y en nitrato por los nitrificadores (Salisbury y Ross, 2000).

Según el INPOFOS (2012, p. 53) las plantas absorben la mayoría del Nitrógeno (N) en forma de iones amonio (NH_4^+) o nitrato (NO_3^-). Algo de urea se absorbe directamente por las hojas y pequeñas cantidades de Nitrógeno (N) se obtienen de materiales como aminoácidos solubles en agua. Con excepción del arroz, los cultivos agrícolas absorben la mayoría de Nitrógeno (N) como ion nitrato (NO_3^-), sin embargo, estudios recientes han demostrado que los cultivos usan cantidades apreciables de Amonio (NH_4^+) si éste está presente en el suelo.

Imagen 5: Ciclo del Nitrógeno (N)



Fuente: <https://www.google.com.co/imgres?imgurl=https%3A%2F%2Fupload>.

Cuando existe una deficiencia de Nitrógeno (N), se presentan: hojas pequeñas, tallos finos y rectos, ramificaciones escasas; de ahí que la planta parezca rala. En las primeras etapas de crecimiento las hojas suelen ser pálidas y de color verde-amarillento. Esto se debe a la poca síntesis de clorofila. A medida que la planta envejece las hojas pueden tornarse amarillas, rojas o púrpuras debido a la presencia de antocianina. En condiciones de deficiencia de Nitrógeno (N) se produce una competencia interna dentro de la planta que determina la movilización del Nitrógeno (N) desde los órganos de mayor edad cronológica (por ejemplo, hojas viejas) hacia los órganos más jóvenes. Si la planta se encuentra en la fase reproductiva, el Nitrógeno (N) es translocado preferentemente hacia los frutos. Esto determina que los síntomas de deficiencia de Nitrógeno (N) aparezcan en las hojas más viejas. Por esto, generalmente las hojas basales se tornan amarillentas. Incluso se ha sugerido que esta característica de las plantas sea utilizada para cuantificar el nivel de deficiencia de Nitrógeno (N) que ha sufrido el cultivo de maíz (Binford y Blackmer, 1993). Estos síntomas de deficiencia son comunes a la mayoría de los cultivos, pero cada especie manifiesta además síntomas específicos.

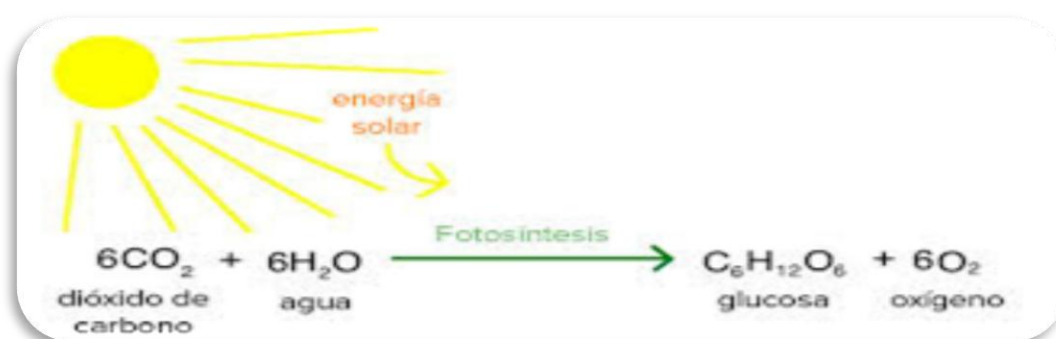
Al igual que el Nitrógeno (N), el Fósforo (P) es uno de los 16 nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, sus funciones no pueden ser ejecutadas por ningún otro nutriente y se requiere un adecuado suplemento de fósforo (P) para que la planta crezca y se reproduzca en forma óptima, debido a esto se clasifica como un nutriente primario, razón por la cual es comúnmente deficiente en la producción agrícola y los cultivos lo requieren en cantidades relativamente grandes. La concentración total de fósforo (P) en los cultivos varía de 0.1 a 0.5 % Munera y Meza (2012, p. 4)

Para Fernández (2007, p.54) El fósforo (P) interviene en muchas de las reacciones que utilizan energía dentro de la célula ya que forma parte integral de las moléculas que acumulan energía como el adenosin trifosfato (ATP). Estas moléculas se forman como resultado de la fotosíntesis y son utilizadas en la respiración de la planta. Por consiguiente, es de vital importancia para la generación de células nuevas; por ejemplo, la producción de raíces al inicio de los ciclos vegetativos. Compuestos análogos al ATP, como el uracilo trifosfato (UTP), guanina trifosfato (GTP) y citosina trifosfato (CTP), se requieren en las síntesis de azúcares, fosfolípidos y ácidos ribonucleicos (RNA). Los fosfatos orgánicos, no sólo son importantes para las plantas, sino para otros organismos vivos. El DNA es el portador de la información genética y las distintas formas de ARN actúan en la síntesis de proteínas. El fósforo es el responsable, además, de la naturaleza fuertemente ácida de los ácidos nucleicos, así como de la excepcionalmente alta concentración de cationes en las estructuras de estos ácidos.

Munera y Meza mencionan que la reacción química más importante en la naturaleza es la fotosíntesis. Esta reacción utiliza energía luminosa, en presencia de clorofila, para combinar el dióxido de carbono y el agua en azúcares simples. En este proceso, la energía solar es capturada en la ATF e inmediatamente este compuesto está disponible como fuente de energía para muchas otras reacciones dentro de la planta. Por otro lado, los azúcares formados se usan como bloques para construir otras células estructurales y compuestos para almacenamiento (2014, p 4).

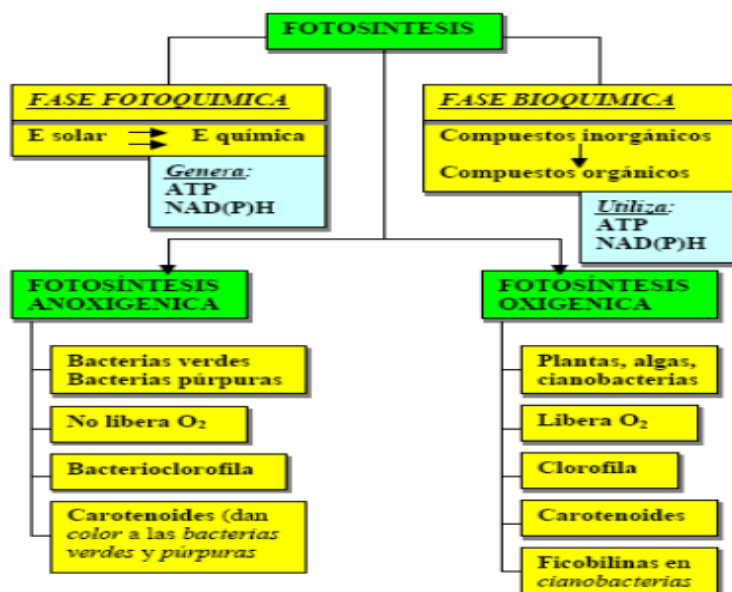
Villarreal y Alfaro (1997) menciona que el Fosforo (P) desempeña un papel importante en la fotosíntesis, la respiración, el almacenamiento y transferencia de energía, la división y crecimiento celular y otros procesos que se llevan a cabo en la planta. Además, promueve la rápida formación y crecimiento de las raíces. El Fosforo (P) mejora la calidad de la fruta, hortalizas y granos y es además vital para la formación de la semilla. El Fosforo (P) está involucrado en la transferencia de características hereditarias de una generación a la siguiente.

Imagen N° 6: La fotosíntesis



Fuente: Proceso de la Fotosíntesis <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:and9gcsvcimxmj>

Imagen N° 7: Esquema de la fotosíntesis



Fuente: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas-Fisiología Vegetal. Pérez y Urría (2009).

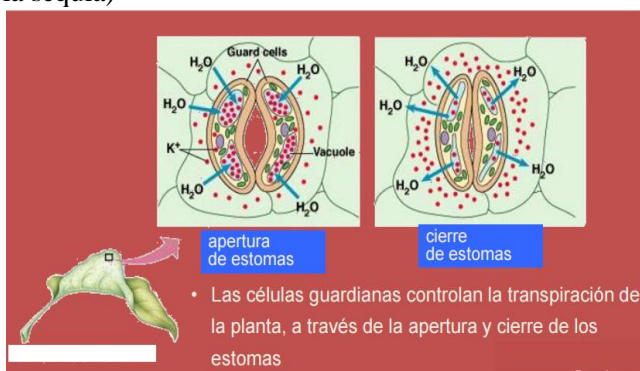
INPOFOS (2012, p. 81-82), menciona al Potasio (K) como uno de los tres nutrientes principales, junto con el nitrógeno (N) y el fósforo (P). Los cultivos contienen aproximadamente la misma cantidad de Potasio (K) que de nitrógeno (N), pero más Potasio (K) que fósforo (P). En muchos cultivos de alto rendimiento, el contenido de Potasio (K) excede al contenido de Nitrógeno (N). El Potasio (K) es absorbido (del suelo) por las plantas en forma iónica (K^+). A diferencia del nitrógeno (N) y el fósforo (P), el Potasio (K), no forma compuestos orgánicos en la planta; su función principal está relacionada fundamentalmente con muchos y variados procesos metabólicos. A su vez afirma que el Potasio (K) es vital para la fotosíntesis, cuando existe deficiencia de Potasio (K), la fotosíntesis se reduce y la respiración de la planta se incrementa, estas dos condiciones (reducción en la fotosíntesis e incremento en la respiración), se presentan cuando existe deficiencia de Potasio (K), reducen la acumulación de

carbohidratos, con consecuencias adversas en el crecimiento y producción de la planta.

Otras de las funciones del Potasio (K) son:

- ❖ Es esencial para la síntesis de proteínas.
- ❖ Es importante en la descomposición de carbohidratos, un proceso que provee de energía a la planta para su crecimiento.
- ❖ Ayuda a controlar el balance iónico.
- ❖ Es importante en la translocación de metales pesados como el hierro (Fe).
- ❖ Ayuda a la planta a resistir los ataques de enfermedades.
- ❖ Es importante en la formación de fruta.
- ❖ Mejora la resistencia de la planta a las heladas.

Imagen: 8 Regulación del contenido hídrico y ajuste a las condiciones climáticas (resistencia a la sequía)



Fuente: *El rol del Potasio en la Producción Agrícola: INTA-IPI* (p.25)

Conti y García (2006), agregan que la disponibilidad de Potasio (K) aumenta cuando aumenta la cantidad de Nitrógeno (N) y Fósforo (P) en el suelo debido al efecto de interacción de los tres nutrientes. Las plantas absorben potasio de la solución del suelo o del complejo absorbente.

2.4.4.3. Requerimientos y deficiencias nutricionales en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una planta exigente en nutrientes, principalmente de Nitrógeno, Calcio, Fósforo, Potasio; por ello requiere un buen abonamiento y fertilización. Los niveles a utilizar dependerán de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener (Flores et al. 2010). Tapia (1997) menciona que los agricultores no fertilizan la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) sino que aprovechan los nutrientes del cultivo anterior, menciona además que muchas investigaciones efectuadas en fertilización han demostrado que la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) responde en forma significativa a niveles de hasta 80 kg/ha de potasio en suelos deficientes de potasio rara vez en los andes.

García y Miranda (2014) mencionan que la Influencia del Nitrógeno en el suelo para el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un aspecto edáfico de gran importancia. La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es un cultivo exigente en Nitrógeno (N) y Calcio (Ca) pues requiere de estos nutrientes para producir su característico grano con elevado contenido de proteína (14 a 16%) de alta calidad. A continuación se describirán las características de la dinámica del Nitrógeno (N) en el suelo, pues estas determinan en gran parte la productividad de los suelos cultivados con quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) ya que en general, el contenido de Calcio (Ca),

Fosforo (P) y Potasio (K), no son limitantes de magnitud en suelos altiplánicos de Bolivia.

a. El Nitrógeno (N) es uno de los nutrientes esenciales para todos los organismos de la tierra, ya que es parte de las proteínas, y toda enzima es una proteína; **b.** de todos los nutrientes esenciales, ninguno se presenta en tantas formas diferentes y las transformaciones entre esas diferentes formas dependen mayormente de la presencia de microorganismos en el suelo; **c.** el Nitrógeno (N) es el nutriente que más frecuentemente limita el crecimiento de las plantas en ecosistemas terrestres, siendo que la capacidad productiva del ecosistema es regulada por la velocidad con la que los micro organismos transforman el Nitrógeno (N) en formas de nitrógeno utilizables por las plantas; **d.** algunas formas de Nitrógeno (N) son contaminantes y por tanto, las transformaciones microbianas del Nitrógeno (N) en el suelo también pueden causar perjuicios a la salud y a la cualidad del ambiente como aquellos que incrementan las concentraciones de nitratos en las aguas freáticas, además de la emisión a la atmosfera de óxidos de nitrógeno, tales como el óxido nitroso y el óxido nítrico (N_2O , NO) que afectan a la salud de la atmósfera.

Calzada (1951), citado por Tapia y Friez (2007, p. 81) afirma que se ha calculado que por cada kilogramo de nitrógeno por hectárea (hasta un nivel de 120 kg/ha), la producción de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), se eleva en 16 kg/ha, lo cual, a los actuales precios de los fertilizantes y del grano, hace rentable la fertilización nitrogenada. Se ha encontrado además que existe una buena respuesta a la aplicación fraccionada del nitrógeno, la mitad a la siembra y la mitad al aporque (a los 50 días de emergencia).

Mamani (2011), hizo un análisis exhaustivo de la extracción y contenido de Nitrógeno (N) en los órganos y grano del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), en una parcela del altiplano Central Boliviano con suelos franco arenoso. Sus resultados muestran que para el tipo de suelos con tendencia arenosa con un contenido típico promedio de 0.04 % de N, las dosis de fertilización de alrededor de 15 Tn/ha de estiércol que contenga alrededor de 1.2 % de N total y 0.4 % estimado de Nitrógeno mineralizado (disponible), producirán un promedio de 1800 Kg grano/Ha siendo las dosis que mejor eficiencia de uso de Nitrógeno (N) presentan. También Mamani (2011) y Miranda et al., (2013), sugieren que el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), requiere una disponibilidad de alrededor de 20 Kg de Nitrógeno (N) disponible en el suelo por tonelada de grano que desee ser producida.

Para Gómez y Aguilar (2016, p. 48-49) el Nitrógeno (N) es un elemento importante para la producción de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), y es uno de los que a menudo limita los rendimientos y la capacidad fotosintética de la planta; es decir, determina el número de hojas, el número de semillas por inflorescencia y por lo tanto determina el potencial de rendimiento; una importante cantidad del nitrógeno absorbido por la planta llega a los granos a la madurez y contribuye a la cantidad de proteína. El suelo contiene Nitrógeno (N) en diversas formas. En el suelo sucede una serie de reacciones químicas para cambiar estas diversas formas al tipo de nitrógeno que es tomada por las plantas y es la forma Nitrato (NO₃). El síntoma más común para reconocer la deficiencia de nitrógeno es el color verde pálido o amarillo de las hojas, adicionalmente la inflorescencia es pequeña y el contenido de proteína del grano

disminuye y algunos granos no alcanzan su tamaño normal. Se puede mejorar la disponibilidad de Nitrógeno (N) para la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) a través de:

1. Rotación:

a) Rotar con leguminosas como frijol, habas, arvejas bien establecidas y con alta nodulación que asegura disponibilidad de Nitrógeno (N) que puede ser empleado por la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*).

b) Después de papas conducidas con alta fertilización; los remanentes pueden ser empleados por la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*).

2. Abono verde: sembrar cultivos, para producir abono verde, que incrementan el contenido de materia orgánica o nitrógeno en la capa superficial y ayudan a retener mejor la humedad del suelo.

En ambos casos, este nitrógeno adicional beneficiará el cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y se podría reducir la cantidad de fertilizantes a aplicar, disminuyendo los costos de producción y la contaminación ambiental. Generalmente, la aplicación directa del nitrógeno al suelo se realiza en dos etapas y en suelos arenosos se recomienda aplicarlo en tres partes.

Herrera (2010) menciona que el Potasio (K) se considera como un elemento de la calidad de los productos, ya que incrementa sabor y color de los productos, y a su vez le da fortaleza a la planta.

En investigaciones realizadas por la Universidad Nacional Agraria La Molina Lima- Perú y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Pando y Castellanos, (2016, p.57), argumentan que la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) absorbe Potasio (K) en grandes cantidades, en algunas ocasiones se puede apreciar que la mayor parte del Potasio (K) absorbido queda en el tallo y este puede ser reciclado por medio de incorporación de rastrojo. La deficiencia de Potasio (K) se manifiesta por un pobre crecimiento del sistema radicular, tallos débiles y hojas de la parte baja de la planta con bordes y ápices de color amarillo y secándose. La quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), responde muy bien a una alta aplicación de Potasio (K).

El potasio es absorbido del suelo como ion K^+ , tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas; por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El Potasio (K) mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con Potasio (K) sufren menos de enfermedades (Huaman, 2012).

Huanca (2007) en múltiples investigaciones efectuadas en relación a la influencia de los diferentes nutrientes en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) concluye; que con una precipitación mayor de 600 mm, la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), responde en forma significativa hasta 80 Kg/ha de Potasio (K) (en suelos deficientes de este elemento, que muy rara vez se presenta en los suelos de los Andes).

Huamán (2012, p. 8 y 9), argumentan que la deficiencia de Potasio (K) en el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), presenta crecimiento retrasado; en las

hojas muestran decoloración a lo largo de los márgenes exteriores; la planta se torna débil, susceptible al encamado; poca resistencia a condiciones de estrés como las heladas y la sequía; los frutos son pequeños. Es el Potasio (K), quien supe del 1 al 4% del extracto seco de la planta, es absorbido del suelo como ion K^+ . A demás activa más de 60 enzimas; por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El Potasio (K) mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con Potasio (K) sufren menos de enfermedades.

Imagen N°: 9 Ciclo del Fosforo (P)



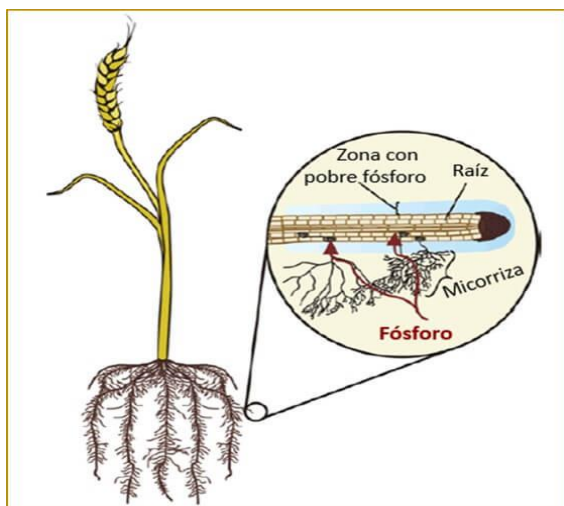
Fuente: Arévalo, Moreno (2013)

Para Mujica (1993), el fósforo (P) es deficiente en la mayoría de los suelos debido a que el fósforo es un elemento poco móvil. Por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas, debe ser considerado uno de los elementos más críticos. El Fósforo (P) en la nutrición de las plantas es energía, es el que impulsa cada reacción enzimática de la planta; el ATP es, en efecto, la batería de la

vida, el Fósforo (P) es también el principal mineral requerido en el proceso inmunológico de las plantas y además, por si fuera poco, la producción de glucosa (°Brix) a partir de la fotosíntesis se basa en gran medida de enzimas a base de fosfato.

La carencia del fósforo en el suelo influye en el tiempo de la cosecha y madurez del desarrollo de la planta, reduciendo el rendimiento de los cultivos; hecho que conlleva a la suplementación con fertilizantes químicos fosforados (Fernández et al., 2006). A ello se suma que más del 75% de los fertilizantes fosforados aplicados son relativamente costosos para los agricultores y trae consigo la salinización, intoxicación y muerte de organismos benéficos, entre otras alteraciones físico - químicas, asimismo son rápidamente inmovilizados en los suelos (Ramírez, 2009).

Imagen N°: 10 Uso eficiente del Fosforo (P)



Fuente: <https://www.intagri.com/assets/images/articulos/categoria1/2nutricion%20vegetal/art474-el-fosforo-en-la-agricultura/filamentos-de-hongos.jpg>.

Para Villarreal y Alfaro (1997 p. 68-69) las concentraciones más altas de Fosforo (P) en plantas jóvenes se encuentran en el tejido de los puntos de crecimiento. Debido a que el Fosforo (P) se mueve rápidamente de los tejidos viejos a los tejidos

jóvenes, las deficiencias aparecen primero en las partes bajas de la planta. A medida que las plantas maduran, la mayor parte del Fosforo (P) se mueve a las semillas. El Fosforo (P) ayuda a las raíces y a las plántulas a desarrollarse rápidamente y mejora su resistencia a las bajas temperaturas. Además, incrementa la eficiencia del uso del agua, contribuye a la resistencia de algunas plantas a enfermedades y adelanta la madurez. Es importante para rendimientos más altos y calidad de los cultivos. Un aspecto importante de los suelos con buen contenido de Fosforo (P) es la influencia que esta condición tiene en la absorción de Fosforo (P) por los cultivos durante los períodos de estrés de humedad.

Una nutrición inadecuada de fósforo puede afectar a distintos procesos, incluyendo la síntesis de proteínas y ácidos nucleicos, Fernández (2007, p. 55), su carencia produce grandes trastornos como:

1. No se sintetizan proteínas, por lo tanto se inhibe la síntesis de RNA.
2. Se produce acumulación en las plantas de compuestos que contienen nitrógeno, como arginina, glutamina, prolina, lisina, asparagina e iones amonio.
3. No se establece el equilibrio adecuado entre azúcares y almidón.

Por otro lado Thompson, (1974) citado por Prada (2013) argumentan que la cantidad de materia orgánica en el suelo es otra característica que interviene sobre el fosforo (P) disponible para las plantas, debido a que esta materia orgánica presenta más cargas negativas que positivas, por lo cual los compuestos negativos se combinan con los hidróxidos de hierro y aluminio impidiendo que actúen sobre el H_2PO_4 - con Fe^{3+}

lo que deja en forma disponible el fósforo (P), para que sea asimilado por plantas y microorganismos. Finalmente, un nivel de humedad elevado influye de forma directa en la disponibilidad del elemento, pues a medida que hay más agua disponible, más fosfato estará disuelto en solución, por lo cual aumenta la probabilidad de que el fósforo pueda ser absorbido por las plantas.

Para Osorio, (2000) el Fósforo (P) se encuentra en el suelo de manera orgánica e inorgánica y continuamente se va transformando. Las formas inorgánicas del Fósforo (P) son pH dependientes, mientras que el Fósforo (P) orgánico obedece a otros factores como el clima, la vegetación, la textura del suelo, prácticas de manejo e irrigación.

El Fósforo (P) orgánico proviene de restos vegetales y animales que al ser degradadas por los microorganismos del suelo liberan compuestos fosfatados, constituye del 29 al 65% del fosforo presente en la superficie del suelo (Arzuaga et al., 2006) que ha sido identificado específicamente en el suelo se encuentra, sobre todo, bajo tres formas más o menos degradadas: fosfolípidos, ácidos nucleicos, fitina y derivados constituyen, junto a otros compuestos no identificados, entre el 20 y 80 % del fósforo total del suelo, pero su proporción en la disolución del suelo es probablemente pequeña (Navarro y Navarro, 2003).

Por su parte Fósforo inorgánico es casi siempre predominante, excepto en los suelos donde la materia orgánica se halla en una gran proporción (Navarro y Navarro, 2003). Está representado en los suelos por las rocas y minerales primarios como

apatitas, hidroxiapatitas y oxiapatitas, estas formas se caracterizan por ser insolubles, sin embargo bajo condiciones apropiadas pueden ser solubilizadas y convertirse en formas disponibles para las plantas y los microorganismos, sin embargo se calcula que entre el 95-99% de fósforo insoluble se encuentra presente en el suelo y no puede ser utilizado por las plantas (Khan et al., 2009).

Hedley et al. 1982 mencionan que el Fosforo (P) integra todas las cadenas alimenticias pasando de un organismo a otro. El hombre adquiere el Fosforo (P) de las plantas, las que directa o indirectamente a través de los alimentos de origen animal, provee los alimentos que se ingieren. Las plantas a su vez, lo toman de la solución del suelo. Normalmente esta solución del suelo es demasiado pobre para sostener un cultivo y debe ser realimentada continuamente de las formas más insolubles de Fosforo (P) del suelo, a medida que los cultivos extraen. La mayor parte de los suelos agrícolas son demasiado pobres como para sostener este proceso y precisan de la fertilización.

A su vez la configuración espacial del sistema radical quien es la responsable del patrón de exploración del suelo (Fitter y Stickland, 1992). También determina la habilidad de explorar sectores del suelo con alta fertilidad, a través de la respuesta dinámica de la actividad meristemática (Caldwell, 1994). La arquitectura radical de una planta es determinada por una compleja serie de características, entre las que se encuentra la elongación de los ápices, la ramificación lateral, el gravitropismo y la senescencia. Es particularmente importante para la adquisición de nutrientes que se movilizan en el suelo a través de mecanismos de difusión. Los nutrientes que se mueven por convección o flujo masal (notablemente nitrógeno) pueden desplazarse a través de

extensas distancias en el suelo. Los que se mueven por difusión (típicamente fósforo y potasio) solo se desplazan por escasos milímetros, debido a su intensa interacción con la matriz del suelo (Barber, 1962). La absorción de estos nutrientes depende -en gran medida- del grado en que las raíces exploran los diferentes dominios del suelo, en tiempo y espacio (Barber, 1995). Debido a que la disponibilidad de fósforo es normalmente más elevada en los horizontes superficiales y decrece notoriamente en profundidad, se hipotetizó que los sistemas radicales con una concentración de raíces en la superficie del suelo serían más eficientes en la adquisición de fósforo (Lynch y Brown, 2001; Rubio et al., 2001).

Para Gahooniaa; Nielsen, (1998); Bates y Lynch, (2000) los pelos radicales son células especializadas de la capa exterior del tejido epidérmico de las raíces, que se extienden en forma perpendicular al eje de la raíz. Debido a su forma alargada, avanzan hacia el seno del suelo, incrementando notoriamente la capacidad de exploración de la raíz. Existen evidencias de que su presencia implica un incremento en la adquisición de nutrientes inmóviles, como el fósforo. Con respecto a la densidad de pelos radicales también aparece como muy dependiente de la disponibilidad de fósforo en el medio. Ma et al. (2001), observaron que el número de pelos radicales por unidad de largo de raíz, fue cinco veces mayor en los tratamientos de baja disponibilidad, que en los de alta disponibilidad.

Gutierrez (2002, p. 8), menciona que las raíces gruesas y las raíces finas difieren en distribución, morfología, longevidad y funcionamiento. Las raíces gruesas y profundas garantizan el anclaje y extraen agua y minerales de horizontes más profundos

del suelo. Constituyen además importantes reservorios de recursos. Las raíces finas son más efímeras y responden dinámicamente a los cambios en el ambiente del suelo y a las señales fisiológicas provenientes de la parte aérea. Las raíces finas se encuentran localizadas superficialmente en el perfil del suelo y se supone que absorben la mayor proporción del agua y los minerales requeridos por las plantas.

Mujica et al. (2009) observaron que la quinua (*Chenopodium quinoa wild*) es una planta exigente en nutrientes, principalmente en nitrógeno, calcio, fósforo y potasio, que requiere de planes de fertilización acordes al análisis de suelo, que repercutirán directamente en el desarrollo foliar de la planta. Igualmente, Nieto (1992) explica que el cultivo de quinua responde muy bien a la aplicación de N, P y K -1 en dosis de 80-40-40 kg. Ha.

Para Munera y Meza (2014, p.6) las diferentes investigaciones sobre la importancia del Fósforo (P) en el desarrollo de las plantas concluyen, que el Fósforo (P) es uno de los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, esto debido a que las funciones del fósforo (P) no puede ser reemplazado por ningún otro nutriente, característica que hace de este, un elemento determinante para el óptimo desarrollo de las mismas. La disponibilidad de fósforo (P) en el sistema suelo-planta, juega un papel fundamental en la productividad, dado que la deficiencia de este elemento provoca una marcada reducción en el crecimiento de las plantas. Un mal suplemento de Fósforo (P) puede reducir el tamaño, número y viabilidad de las semillas ya que abundante cantidad de Fósforo (P) se acumula en las semillas y en el fruto.

2.4.4.4 Otros factores que influyen en el crecimiento y desarrollo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*)

Para Mujica (1993 p.4-5), a demás del fosforo, el crecimiento y desarrollo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) está determinado por:

- La genética de la planta.
 - Precipitación,
 - Temperatura,
 - Suelo y la fertilización.
-
- La genética de la planta, por las condiciones ambientales a las que está expuesta, y por factores bióticos (plagas, enfermedades y plantas extrañas que compiten con el cultivo). Tres de los factores ambientales más importantes son la radiación solar, la temperatura y la humedad del suelo.
 - Precipitación. Requiere de 300 a 1000 mm de agua durante su periodo vegetativo. En general crece bien con una buena distribución de lluvias durante su crecimiento y desarrollo, y condiciones de sequedad, especialmente durante la maduración y cosecha.
 - Altitud. Crece desde el nivel del mar, hasta los 4000 m.s.n.m de altura en los Andes. Pero la mayor predominancia de los campos de cultivo está entre los 2.500 y 4.000 m de altura.
 - Temperatura. Tolera una amplia variedad de climas, la planta no se ve afectada por climas fríos en cualquier etapa de desarrollo, excepto durante la floración, las flores de la planta son sensibles al frío (esterilización del polen). Una

temperatura media anual de 10-18 °C y oscilación térmica de 5 a 7 °C son los más adecuados para el cultivo.

- Suelo. Puede crecer en una amplia variedad de suelos cuyo ph varíe de 6 a 8,5. Prefiere los franco-arenosos con buen drenaje, ricos en nutrientes especialmente nitrógeno. Es susceptible al exceso de humedad en sus primeros estadios. Se ha observado producciones aceptables en suelos arenosos con déficit de humedad
- Fertilización. La fertilización es muy importante en el cultivo de la quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) debido a su alta demanda de nutrientes. Para el cultivo se debe tomar una muestra de suelo, siguiendo el protocolo establecido, para determinar el nivel de nutrientes disponibles.

Para Salas (2002, p.11) el rendimiento de los cultivos está basado inicialmente en la disponibilidad de nutrimentos en el suelo. Los suelos varían enormemente en una serie de propiedades que de una u otra forma, afectan el desarrollo y rendimiento del cultivo. Propiedades tales como tipo de arcilla, contenido de materia orgánica y de agua y propiedades físicas, etc., afectan la disponibilidad de elementos, mientras que el genoma de la planta, microorganismos, temperatura, agua y pH del suelo afectan la absorción de nutrimentos por la planta. La adecuada nutrición mineral de un cultivo está influenciada por el conocimiento de los requerimientos de la planta y por la cantidad e intensidad de nutrimentos del suelo en donde se tiene el cultivo. Cuando el suelo no puede suplir adecuadamente los nutrimentos para un normal desarrollo de las plantas, se hace necesario su adición en las cantidades y formas apropiadas.

Illmer y Schinner (1992), citado por Rojas, & Pinto (2013, pag. 491) mencionan que la disponibilidad de fósforo en el suelo depende principalmente de la actividad microbiana. La solubilización de fosfato mineral y orgánico se produce por la capacidad que presentan las PGPR (rizobacteria promotora del crecimiento vegetal) de producir fosfatasas (mineralización) o por solubilización de fosfatos inorgánicos no disponibles con ácidos orgánicos (CIP, 2008). A su vez consideran, que la solubilización de distintas rocas fosfatadas y de otras fuentes de fósforo inorgánico por los microorganismos del suelo es una alternativa fundamental para incrementar la cantidad de nutrientes disponibles para las plantas.

En investigaciones realizadas por la Universidad Nacional de Loja- Ecuador (Datta, 1994). Citado por Luzon (2016, p. 12) mostraron que, sin la aplicación de fósforo y de potasio, la eficiencia del nitrógeno declina, mientras que cuando todos los nutrientes son aplicados conjuntamente la eficiencia del potasio y del fósforo aumenta sostenidamente, indicando interacciones entre estos nutrientes.

Orsag (2011), citado por Pantoja (2014, p.19) señala en su investigación que el fósforo en el suelo es un elemento que puede estar estrechamente relacionado a la parte mineral y orgánica de los suelos, sin embargo de acuerdo a los resultados de mineralogía y químicos obtenidos por el autor indican que este nutriente parece estar más estrechamente relacionado a la materia orgánica del suelo y por lo tanto al estiércol aplicado.

Al respecto, Apaza y Delgado (2005) utilizan una fórmula de fertilización de 80 kg de nitrógeno fraccionado en dos partes, 60 kg/ha de fosforo y 40 kg/ha de potasio. Se obtuvo un rendimiento de 2700 kglha de grano.

Aguirre (1977), citado por Pantoja (2014, p.20) sostiene que el estiércol es una fuente directa de nutrientes y a la vez mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Salazar (p.8) sugiere que si se maneja correctamente, el estiércol es una excelente fuente de nutrientes y además con importantes beneficios para el ambiente. Los suelos que regularmente reciben estiércol, requieren menos fertilizante químico, tienen mayor contenido de materia orgánica y pueden experimentar menor escorrentía y erosión y una mejor conservación de la humedad.

También el humus de lombriz, llamado "vermicompost", es un tipo de abono orgánico que resulta del proceso descomponedor que llevan a cabo cierto tipo de lombrices, el proceso inicia cuando la lombriz se alimenta de cualquier sustrato o desecho orgánico biodegradable y lo transforma en humus (materia orgánica bien descompuesta), este abono no solo aporta nutrientes a las plantas, sino que también mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo. Este abono orgánico es un material altamente descompuesto y estable. Posee un buen balance de nutrimentos de rápida y lenta liberación para las plantas. La riqueza de nutrientes dependerá tanto de las características del material inicial como de la forma en que se lleva a cabo el proceso; posee también una alta población microbiana benéfica, por lo que el material final debe

mantenerse necesariamente entre 50 y 60% de humedad; además tiene algunas sustancias llamadas fitohormonas, las cuales estimulan el crecimiento vegetal Mora, (2003, p 22)

A su vez el biol es el resultado de la fermentación de estiércol y agua a través de la descomposición y transformaciones químicas de residuos orgánicos en un ambiente anaerobio, tras salir del biodigestor, este material ya no huele y no atrae insectos una vez utilizado en los suelos. El biol como abono es una fuente de fitorreguladores que ayudan a las plantas a tener un óptimo desarrollo, generando mayor productividad a los cultivos; el biol es un producto estable biológicamente, rico en humus y una baja carga de patógenos; tiene una buena actividad biológica, desarrollo de fermentos nitrosos y nítricos, microflora, hongos y levaduras que serán un excelente complemento a suelos improductivos o desgastados (SBB, 2013).

PROINPA (2004), menciona que debido a las exigencias del mercado internacional, en los años 1.992 y 1.993, se cambia el contexto de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), convencional a quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) orgánica. En esos años, inician trabajos de cuidado ambiental y de sostenibilidad del cultivo, para luego brindar recomendaciones de alternativas tecnológicas para la producción de quinua (*Chenopodium quinoa Wild* orgánica).

Salas (2002, p. 12) menciona que las plantas también pueden fertilizarse suplementariamente a través de las hojas mediante aplicaciones de sales solubles en

agua, de una manera más rápida que por el método de aplicación al suelo. Los nutrimentos penetran en las hojas a través de los estomas que se encuentran en el haz o envés de las hojas y también a través de espacios submicroscópicos denominados ectodesmos en las hojas y al dilatarse la cutícula de las hojas se producen espacios vacíos que permiten la penetración de nutrimentos. Sin embargo la fertilización foliar por lo general se realiza para corregir deficiencias de elementos menores. En el caso de macronutrimentos tales como el nitrógeno, fósforo y el potasio, se reconoce que la fertilización foliar solo puede complementar, pero en ningún momento sustituir la fertilización al suelo. Esto se debe a que las dosis a aplicar vía foliar son muy pequeñas en comparación con las dosis aplicadas al suelo para obtener buenos rendimientos.

Aún cuando la fertilización foliar es complementaria, existen condiciones bajo las cuales la fertilización permite obtener buenos resultados agronómicos. Estas situaciones especiales son aquellas que resultan en limitantes para la nutrición mineral de la planta debido a problemas del sistema radical. La sequía es la primera de ellas y se produce cuando el suministro de agua es deficiente, afectando la alimentación radicular y produciendo trastornos severos en el desarrollo vegetal. Bajo esta situación, la absorción radical de nutrimentos es limitado y será necesario utilizar entre tanto, la vía foliar. Contrario a la falta de agua, el exceso o encharcamiento produce poca disponibilidad de oxígeno en el medio radicular inhibiendo de forma inmediata la absorción de agua y nutrimentos por la planta, siendo la fertilización foliar una alternativa para nutrir a la planta Salas (2002, p.13).

Molina (2002, p.29) menciona que las fuentes de fósforo (P) más usadas en aplicación foliar son fosfato monoamónico (MAP), fosfato diamónico (DAP), polifosfatos, y fosfato monopotásico. El triple superfosfato no es útil debido a su escasa solubilidad en agua.

2.4.4.5. El cultivo orgánico o ecológico de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*)

El cultivo orgánico o ecológico de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) es una alternativa que busca proteger la fertilidad de los suelos manteniendo adecuados niveles de material orgánico, favoreciendo la actividad microbiológica. Los nutrientes para la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) deben provenir de fuentes como residuos de cultivos, compost, humus, estiércol animal y de rotación con cultivos de abonos verdes o leguminosas fijadoras de nitrógeno, para lo cual se debe asegurar una buena actividad microbiológica.

Calzada (1951) fue uno de los primeros en estudiar la respuesta de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*), a la fertilización orgánica y química; en ensayos efectuados en Puno y Huancayo encontró una significativa respuesta sobre todo al nitrógeno. En posteriores investigaciones efectuadas se concluye que el resultado depende de la precipitación en la zona y de la precedente rotación de cultivos; con una precipitación mayor de 600 mm, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) responde en forma significativa a niveles de 80 a 120 kg de nitrógeno y 60 a 80 kg de fósforo. La

dosis de potasio es hasta 80 kg/ha en suelos deficientes de este elemento, lo que muy rara vez se presenta en los suelos de los Andes.

Pando y Castellano (2016) sugieren que una forma de incrementar la disponibilidad de fósforo (P) orgánico es sembrar quinua (*Chenopodium quinoa Wild*) después de cultivos de abono verde. Otra forma es mediante el empleo de micorrizas de la raíz, aisladas de la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), que tienen una relación simbiótica con las raíces y pueden mejorar la absorción de nutrientes. (2016, p. 48)

Estudios realizados por el programa de Investigación y Proyección Social de Cereales y Granos Nativos de la Universidad Agraria la Molina, con el apoyo de la FAO (2016) mencionan que en la producción de quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), el Fósforo (P), depende de la disponibilidad de fósforo soluble y el grado de fijación del fósforo adicionado al suelo. Cantidades significativas de fósforo pueden estar disponibles si los niveles de materia orgánica y el grado de mineralización son favorables. El fósforo mineralizado de materia orgánica es más benéfico que el fósforo inorgánico aplicado, debido a que el fósforo orgánico está disponible mucho más tiempo en la solución del suelo para la absorción por la planta.

Colombia a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) en el departamento de Nariño con la colaboración de la FAO, trabajan en estrategias encaminadas a la producción de la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), denominada “Proyecto Integrado de Transferencia de Tecnología - Recopilación de experiencias con pequeños productores”, quienes buscan sustentabilidad productiva, alimentaria y

comercial del cultivo en ámbitos locales y regionales. Una de sus aspectos básicos es la fertilización orgánica, considerando los cultivos como un sistema orientado a fomentar y mejorar la salud del agro-ecosistema, la biodiversidad y los ciclos biológicos del suelo. Para esto, sugieren implementar actividades que mejoren la disponibilidad de macro y micro nutrientes por acción biológica de microorganismos. Para ello recomiendan: 150 kilos de estiércol fresco, fuente de nitrógeno y fósforo. El estiércol no debe haber recibido sol ni proceder de ganado intervenido con antibióticos (2014-2016 p.15).

Según Mujica *et al.* (2004), la incorporación del estiércol en la época de roturación de suelos varía entre 4 a 10 Ton/ha, conforme se trate de aplicación en el sistema de hoyos, surcos y voleo. Cuando se utiliza compost esta determinado que incorporando 300 g por hoyo se utiliza hasta 2,1 Ton/ha. El uso de abono orgánico se puede calificar como muy bajo, sin embargo la tendencia es al aumento paulatino, tanto para la producción orgánica, como para la producción convencional de la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*).

Por otro lado SICA (2001), recomienda la aplicación de 20 Ton/ha de estiércol de origen bovino o 6 Ton/ha de gallinaza, en ambos casos descompuestos, que se deben incorporar al suelo mediante el pase de una rastra 2 meses antes de la siembra. Para el mejoramiento de la cosecha de la quinua (*Chenopodium quinoa Wild*), se recomienda aplicar aspersiones foliares de BIOL, que estimulan el crecimiento de la base radicular y foliar, permitiendo que la planta saque sus nutrientes de horizontes más profundos que

los normales y que realice una mayor actividad fotosintética, lo que da como resultado un aumento de la productividad (mayor al 50%).

Esprella (2011, p. 17) afirma en previas investigaciones hechas como estudiante de la Universidad Mayor de San Andrés-facultad de agronomía. Evaluó el rendimiento del cultivo de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) con la aplicación de niveles de abono orgánico de 16 Ton/ha, 12Ton/ha, 8 Ton/ha y el testigo de 0 Ton/ha, bajo condiciones de riego deficitario y Sin Riego en tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) (K'osuña, Pandela rosada, Maniqueña). En la interacción entre las dosis de abono bovino (16 Ton/ha, 12 Ton/ha, 8 Ton/ha, 0 Ton/ha) debido a que se evaluó el rendimiento del cultivo se detalló la variable peso de 1000 granos donde la dosis alta de 16 Ton/ha y la dosis media de 12 Ton/ha obtuvieron un peso de 4.3 gr de grano y los tratamientos con 8 Ton/ha y 0 Ton/ha obtuvieron pesos de 3.9 y 2.4 gr. Esto indica que la aplicación de estiércol a la parcela causó un incremento en el peso de los granos de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). La aplicación de estiércol causó efectos en la variable rendimiento donde las dosis altas de 16 y 12 Ton/ha, las variedades K'osuña y Maniqueña obtuvieron rendimientos altos de 653 y 591 kg/ha, en el caso del testigo los rendimientos fueron más bajos de 310 kg/ha para la variedad K'osuña y Pandela rosada, por el contrario la variedad Maniqueña obtuvo el rendimiento más bajo de 179 kg/ha. Esto indica que esta variedad no es resistente a la sequia pero si se aplica materia orgánica y riego tiene un buen rendimiento.

La Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala (2013) menciona que la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es una planta exigente en

nutrientes, principalmente de nitrógeno, calcio, fósforo, potasio, por ello requiere un buen abonamiento y fertilización adecuada, los niveles a utilizar dependerá de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener.

A su vez menciona que en la zona andina, cuando se siembra después de la papa, el contenido de materia orgánica y de nutrientes es favorable para el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), por la descomposición lenta del estiércol y preferencias nutricionales de la papa, en algunos casos casi está completo sus requerimientos y solo necesita un abonamiento complementario, sin embargo cuando se siembra después de una gramínea (maíz o trigo en la costa), cebada o avena, es necesario no solo utilizar materia orgánica en una proporción de tres toneladas por hectárea, sino fertilización equivalente en promedio a la fórmula: 80-40-00, lo que equivaldría a 174 kg/ ha de urea del 46% y 88 kg/ha de superfosfato de calcio triple del 46%, y nada de potasio por la gran disponibilidad en los suelos de los Andes y en general de Sudamérica debido a que en el suelo existen arcillas que retienen en grandes cantidades al Potasio (K).

3. Conocimientos culturales y técnicos del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*).

En el territorio se vivencia los usos y costumbres de las comunidades y es a través de la practica el lenguaje y la oralidad que se conectan con el mundo, se hace memoria, se construye identidades y se tiene puentes para el reconocimiento de la

diversidad que enriquece la vida y favorece el entendimiento de los pueblos. La palabra ancestral, los saberes comunitarios, y la vitalidad cultural de las comunidades indígenas, campesinas, afrodescendientes, raizales, palenqueras y Rom están presentes en los relatos que cuentan sus mayores, en la vida comunitaria. Son los territorios los que dan sentido a sus planes de vida y para recrear y compartir estos conocimientos y transmitirlos a niños, niñas y jóvenes, u'junxin thegnxi (2014).

Dentro de los usos y costumbres de las comunidades mencionadas, esta la forma de cultivar; Tapia y Frias (2007, p. 13) menciona que es importante rescatar los saberes tradicionales sobre la «crianza» de los cultivos tal como han sido recogidos y expuestos en varias publicaciones de las ONG Proyecto Andino de Tecnologías Campesinas (PRATEC) en el Perú y el proyecto Agroecología Universidad de Cochabamba (AGRUCO) en Bolivia. Estas técnicas agrícolas tradicionales y la conservación de las especies nativas y sus variedades se han podido preservar debido a la dedicación y al cariño que le han profesado por generaciones las poblaciones indígenas de los países andinos.

Los saberes de los agricultores andinos, basados en la observación del ambiente, de la flora y de los animales tanto domésticos como silvestres tienen plena vigencia hoy en día, como lo testimonian las cientos de cartillas confeccionadas por campesinos y compiladas por PRATEC (1989-2005).

Al respecto la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es un cultivo que ha permitido practicar los conocimientos culturales de las comunidades andinas que se han dedicado a su producción. En reconocimiento a esas prácticas ancestrales de los pueblos

andinos, quienes han sabido preservar la quinua en su estado natural como alimento para las generaciones presentes y futuras, la Asamblea General de las Naciones Unidas ha declarado el 2013 como el Año internacional de la Quinua (AIQ2013).

En la producción orgánica de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) Scotto y Chech (p.6) mencionan que en la agricultura tradicional se conoce diferentes maneras para fertilizar y conservar el suelo de una forma natural y respetuosa con el ambiente como una buena rotación de cultivos, utilización de residuos vegetales como abono o como cobertura para evitar la evaporación del agua, la utilización de estiércol producido por los animales que se crían (ganado, gallinas, cerdo, cuy), la aplicación de biol, (fertilización orgánico foliar permitido la normatividad), la aplicación de humus o de compost; todas estas son buenas prácticas que utilizadas en el momento justo o en combinaciones darán buenos resultados.

Para Roja y Pinto et. al 2013, p.86 los campos de cultivo tradicionales son una ‘mina de germoplasma’ donde se mantienen variedades tradicionales y donde la naturaleza realiza su trabajo de selección natural asociada a las tradiciones agrícolas campesinas de reproducción de semillas. Los conocimientos tradicionales son un componente determinante de la diversidad biológica agrícola existente y son las comunidades rurales las responsables de su existencia y evolución. Los conocimientos sobre los cultivos, el uso de alimentos, el arte culinario asociado a estos, las tecnologías e infraestructura de manejo agrícola, el clima local, etc. son tan importantes como los propios recursos genéticos.

El uso de alimentos, el arte culinario es otro de los factores ligados a las tradiciones de las culturas andinas, Sánchez, citado por Hernández (2015) menciona que la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), puede ser usada en comidas de muchas formas: puede ser hervida o cocida, tostada, preparada de forma similar a las palomitas de maíz; además, sus semillas pueden ser maceradas y convertidas en harina para ser usada en una variedad de productos. También puede ser ingerida aisladamente o en potajes, sopas, con gachas de avena, con cereales, caramelos y aún en sushi. En la actualidad el desarrollo de nuevos productos alimenticios ha utilizado como base la sustitución de sémola de trigo por seudocereales que ayuden a incrementar su valor nutricional, o mejorar su digestibilidad, buscando atender a sectores de la población con intolerancias alimentarias (intolerancia al gluten, por ejemplo), y se han reportado avances significativos en el desarrollo y evaluación de pastas elaboradas a partir de mezclas de sémola de trigo con amaranto, garbanzo, habas, fríjol, maíz, arroz y quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), realizadas en varios países (India, Italia, Argentina, Chile, Venezuela y Colombia). (p. 306)

También Señalan algunos avances en la investigación de la utilidad de la harina de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), para elaborar productos como pan, panqueques, galletas, molletes, pastas, tortillas, bocadillos, pastelería, hojuelas, comidas para recién nacidos, y también se usa para hacer bebidas picantes o fermentadas, incluyendo una bebida llamada “chicha”, entre otros productos. Su comercialización se hace principalmente en forma de grano perlado, hojuelas, fideos, y harina en tiendas naturistas y en algunos almacenes. Las harinas de quinua son una materia prima potencial como extensor cárnico, debido a su buen contenido de proteína, almidón y otros componentes. Además, como otros extensores, es de utilidad en reducir los costos

en la producción de derivados de la carne (debido a que reemplaza parte de ella), y ofrece beneficios tecnológicos y nutricionales, los cuales dependen de la cantidad, composición, conformación, propiedades físicas y funcionales de las proteínas que contiene. (p. 306).

Peralta (1985), menciona que en la cubierta de la semilla se halla el pericarpio, en la que se encuentra una sustancia amarga denominada saponina, es amarga esto limita su consumo, siendo necesario previamente lavarla en abundante agua para eliminarla. Agrega que la saponina solo se localiza en el grano y no en el resto de la planta, por lo tanto, la hoja no es amarga. (p. 5-6-10)

Peralta (1.985) hace hincapié en los estudios que demuestran que la hoja de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es un gran alimento como verdura, el contenido de proteína es superior al de algunas hortalizas de uso diario. Se consume en muchas localidades de Perú, Bolivia y algunas de Ecuador, tanto frescas en ensaladas, como cocida en sopas o locros, es muy suave y agradable; existe la creencia de que también es amarga y esto limita su consumo. Pero es necesario aclarar que la saponina solo se localiza en el grano y no en el resto de la planta, por lo tanto, la hoja no es amarga (p.6).

Las saponinas para Woldemichael y Wink 2001; Carlson *et al* (2012), citados por Biondi *et al* (2013), tienen una amplia gama de actividades biológicas (antimicrobiana, insecticida, anti fúngica, coadyuvante de vacunas entre otras) y se pueden utilizar en la industria como detergentes y agentes surfactantes. Aunque su sabor amargo representa un aspecto negativo en términos de consumo humano, la alta

producción de saponina puede ser un beneficio más de la quinua como fuente alternativa y renovable de saponinas.

4. Reconocimiento nacional e internacional del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Will).

En la última década el cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Will) ha tenido un reconocimiento importante por organizaciones gubernamentales a nivel nacional e internacional, debido a sus bondades nutricionales, su alto contenido de aminoácidos esenciales, su variedad de productos, sus beneficios en la nutrición animal y las prácticas culturales entorno al cultivo, y el reconocimiento a esas prácticas ancestrales de los pueblos andinos, ha generado una demanda importante en los mercados, esto hace que este cultivo se muestre como una alternativa promisorio para las regiones cerealistas . Diversas entidades públicas y privadas han empezado a promocionar el cultivo; son estas razones, suficientes para promover la incorporación del cultivo de la quinua, siendo una alternativa nutricional, en pro de la seguridad alimentaria para el mundo.

Es debido a su importancia que Johnson & Croissant, (1985) citados por Bazile y Baudron (2013), mencionan que el aumento significativo del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) a nivel mundial, se debe a que los Estados Unidos se habían interesado en el grano de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) desde 1948 y presentaron por primera vez una experimentación del cultivo a partir de semillas de Chile, realizada en el sur de Colorado a principios de los años setenta. Para Cranshaw et

al, (1990); Kephart, Murray & Auld, (1990); Oelke et al, (1990); Tobin, (1995), el cultivo realmente comenzó a extenderse por todos los continentes desde los años 80'; desde ese momento, los Estados Unidos han experimentado por primera vez a escala mayor la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) en el sur de Colorado antes de que se extienda progresivamente a otros estados. Hoy en día, con Canadá donde la quinua se cultiva en las planicies de Saskatchewan y Ontario, se estima que ellos dos producen casi el 10% de la quinua global. En Estados Unidos, los ensayos actuales de quinua se desarrollan en la costa Norte-Oeste del Pacífico con material chileno y ofrecen resultados muy prometedores.

Sin embargo Bazile y Baudron afirman que aunque las extensiones parecen importantes en superficie, ellas quedan reducidas en comparación al volumen que se vende en Estados Unidos, que es siempre importado de América del Sur. (2013, p.49).

Para la asociación latinoamericana de integración (ALADI) y la FAO (2014), la amplia variabilidad agroecológica a la cual puede adaptarse la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se refleja en el hecho de que, sin perjuicio de que su cultivo se concentra en los valles altiplánicos de Bolivia y Perú, se la encuentra en algunas regiones costeras del Sur de Chile, hasta los valles andinos del Sur de Colombia, y en pisos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 4.000 metros sobre el nivel del mar.(p.1)

5. Comercialización significativa de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*)

Según Furche *et al* (2013), el comercio mundial de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) ha experimentado un crecimiento significativo en el pasado reciente. A partir del año 2006 se aceleran las exportaciones desde América Latina región que alberga a los tres países Andinos que contribuyen con más del 80% de las exportaciones mundiales (p. 377).

En Europa la introducción de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), se inició en 1978, también con germoplasma de Chile (Universidad de Concepción en Chile) que fue llevado, seleccionado y probado por Colin Leakey en Cambridge (Inglaterra) y en el valle del Loire (Francia). Este germoplasma chileno más el germoplasma andino colectado en 1982 por Galwey y Risi generó la base del programa de mejoramiento de la Universidad de Cambridge bajo el liderazgo de Nick Galwey (Flemming y Galwey, 1995; Galwey, 1989, 1993). De Cambridge, la quinua se distribuyó a Dinamarca, Holanda y otros países de Europa (Risi y Galway, 1991). En Inglaterra, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), se utiliza como cultivo de cobertura donde se siembra sola o mezclada con colza (cultivo dedicado a producir forraje, aceite vegetal para consumo humano y biodiesel). En Dinamarca, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es muy reconocida y usada por personas alérgicas al gluten lo que puede constituir un segmento de mercado específico. Bazile y Baudron (2013, p.54)

Según GDB Network 2020, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es aún un producto relativamente nuevo en los mercados internacionales, con gran potencial para la producción y expansión del comercio. Siendo cada vez más popular en los Estados Unidos, Europa, China y Japón, el creciente incremento de su demanda ha impulsado su oferta y acelerado las exportaciones de este producto. Tal es así que la producción mundial de la quinua creció de aproximadamente 46 mil a 80 mil toneladas métricas en los últimos diez años, estando dividida entre los principales productores de la misma, Perú y Bolivia, Chile y Ecuador, donde el suelo y el clima son adecuados para su cultivo. Por el lado de la demanda, Estados Unidos sigue siendo el mayor importador de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) y, estando satisfecho solo el 10% de su demanda, también es considerado un mercado potencial en donde todavía hay mucho espacio por crecer. En el caso de Latinoamérica, Brasil es el país que, además de ser un gran mercado, viene mostrando una clara tendencia de consumo e importación de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*). Trasladándonos a Asia, China y la India son los mercados con mayor interés en consumir la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), a tal punto de incluso pensar a producirla ellos mismos, como es el caso de la India. (p.3)

En Colombia, Lacouture (Presidenta de Pro Colombia), menciona que en los últimos cinco años, para acercar más la oferta a la demanda y para que el país se inserte con éxito en las cadenas globales de valor, se puso en marcha varios programas de asistencia técnica internacional y de formación exportadora. Para contribuir con el crecimiento del tejido empresarial exportador, se lanzó Mipyme (Mi pequeña y mediana empresa) Internacional en el que se acompaña a micro, pequeñas y medianas empresas en la creación o fortalecimiento de sus áreas de comercio exterior, para que empiecen a exportar de manera permanente en un periodo de un año. Segalco, del departamento de

Cauca, es una de ellas, produce galletas, hojuelas y otros productos a base de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), que está enviando a Chile. Primero se asesora en adecuación de los empaques de acuerdo con las exigencias internacionales y se apoya en su participación en macrorruedas y ferias especializadas. (p.6).

Fedequinua es una entidad de derecho privado, de carácter gremial sin ánimo de lucro, que representa a productores, agroindustriales, comercializadores e investigadores de Quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), y otros cultivos andinos. Su propósito es promover el fomento del cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), en Colombia, su transformación, comercialización y consumo, con el apoyo del sector de la cadena productiva y la academia. Han registrado experiencias en producción en Boyacá, Cauca, Cundinamarca, Nariño y Santander. Durante su desarrollo, se encontraron problemas en el eslabón de producción, en aspectos como: cambio climático, precipitación, temperatura (vientos y heladas), asesoría técnica especializada, equipamiento agrícola (maquinaria para siembra y otras labores agrícolas), insumos agropecuarios (biofertilizantes y bioinsumos), manejo integrado del cultivo (insectos, plagas, arvenses y enfermedades), infraestructura para poscosecha, trilla, secado y almacenamiento, registro de información y costos sobre el manejo del cultivo, mano de obra, rotación y asociatividad. En ese sentido, se identifican las siguientes oportunidades: incremento de la demanda nacional e internacional; condiciones agroecológicas favorables; interés del sector público y privado; experiencias positivas en proyectos de seguridad alimentaria existencia de actores de la cadena (Jäger, 2015 p.14).

Para Jäger y Hurtado, en 2020, Colombia tendrá sembradas 10.000 hectáreas de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), orgánica y convencional con una producción estimada de 15.000 a 20.000 toneladas, que involucrarán de 10.000 a 20.000 familias en sistemas de producción diversificados y sostenibles. Esta producción será destinada al mercado internacional y nacional, estará basada en principios de comercio justo e incluyente, y asociada con políticas gubernamentales que promuevan y masifiquen el consumo en zonas urbanas y rurales; con lo que aportará a la reducción de la pobreza y el mejoramiento de la seguridad alimentaria y la nutrición de la población colombiana vulnerable (p. 5)

(ALADI) y la FAO (2014), menciona además que no hay dudas que el principal motor de la expansión productiva registrada en los últimos años debe buscarse en la revalorización de la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) como producto natural, de alto valor nutritivo y con un poderoso vínculo a las raíces culturales indígenas del antiplano sudamericano, que han dado lugar a un sostenido aumento de la demanda en los mercados de los países industrializados, y como se ha señalado en otros estudios, se ha reflejado igualmente en el nivel de los precios internacionales. (p.26)

CONCLUSIONES

- ✓ Con el desarrollo de este trabajo se considera, el centro de origen de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), su amplia variabilidad agroecológica a la cual puede adaptarse. A continuación, se exponen una serie de conclusiones que constituyen los resultados de esta investigación, generadas a partir de varios factores tales como:
 - ✓ La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es nativa de las laderas de los Andes. los indígenas de Ecuador, Perú y Bolivia, sur de Colombia, Chile y norte de Argentina la han utilizado desde tiempos ancestrales, particularmente en regiones dominadas por los Incas para diversos platos pues la consideran el alimento de los dioses. La proteína de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es rica en histidina y lisina, aminoácidos limitantes en granos como los cereales y se aproxima al patrón dado por la FAO para los requerimientos nutricionales de humanos; lo anterior le confiere un alto valor nutritivo, aspecto que actualmente es atractivo para los mercados nacional e internacional Romo et al (2006).
 - ✓ Debido a la variabilidad genética y la adaptación a diferentes pisos térmicos, le ha permitido al cultivo de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), expandirse a

otros países, además por sus bondades nutritivas, se ha convertido en una gran alternativa en la contribución a la seguridad alimentaria.

- ✓ El suelo, además de ser la capa superficial, genera varios procesos cambiantes, también es quien facilita a las plantas la absorción y asimilación de nutrientes necesarios para que pueda realizar funciones fisiológicas como crecimiento, desarrollo, reproducción y senescencia.
- ✓ La quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), es una planta exigente en nutrientes, principalmente de Nitrógeno (N), Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K); por ello requiere una adecuada fertilización. Las dosis a utilizar dependerán de la riqueza y contenido de nutrientes de los suelos donde se instalará la quinua, de la rotación utilizada y también del nivel de producción que se desea obtener, sin embargo es uno de los pocos cultivos que se desarrolla sin muchos inconvenientes en las condiciones extremas de clima y suelos,
- ✓ El Fosforo (P) es un nutriente esencial para las plantas y su efecto se observa tanto en el rendimiento como en la calidad de los alimentos consumidos por el hombre. La importancia del Fosforo (P) en la nutrición humana es indudable, sin embargo, todo el Fosforo (P) disponible en la dieta proviene de plantas y de animales que consumen esas plantas. Una buena nutrición vegetal con Fosforo (P) asegura esta insustituible fuente de Fosforo (P) en la dieta humana.
- ✓ Existen alimentos con un alto contenido de proteínas, por ejemplo la soya, pero la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) supera a aquellos de consumo masivo como son trigo, arroz, maíz, cebada e incluso es comparable con algunos de origen animal como la carne, leche, huevo, pescado. Pero el verdadero valor de la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), se encuentra en la calidad de la proteína,

es decir de un buen balance de aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptofano. La cantidad de proteína puede variar entre 14 y 20 % además posee excelente cantidades de minerales como el Calcio, Hierro, Fósforo y algunas vitaminas (Peralta, 1985).

- ✓ Las comunidades ubicadas a lo largo de los Andes le han dado a la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*), un valor significativo en sus procesos identitarios, tejidos alrededor de su cultivo que va desde la preparación del suelo hasta el consumo, ideando diversas recetas para satisfacer las necesidades tanto alimenticias como medicinales consideradas como parte del legado ancestral.

Bibliografía

Acosta, A.; Cárdenas, Mayra Enzimas en la alimentación de las aves. Fitasas Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 40, núm. 4, 2006, pp. 377-387 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba

Acuña Luz M, (2012) Niveles de Fertilización Química en el Cultivo de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) En Comúnera-Acobamba". (Tesis de Pregrado) Universidad Nacional De Huanca Velica- Facultad De Ciencias Agrarias.

Aparicio C; Gouri A (2016) Fuentes y Niveles de Fertilización Potásica en el Rendimiento de *Chenopodium Quinoa Willd.* "Quinoa" Var. Altiplano, En Lima. (Tesis De Pregrado) Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión Facultad De Ingeniería Agraria, Industrias Alimentaria Y Ambiental.

Aracena, G.; Bitancor M (2014) Evaluación de Cuatro Fertilizantes en La Producción de Quinoa *Chenopodium quinoa Willd.* INTA - IPAF NOA – Maimará - Jujuy – Argentina.
Recuperado:https://www.google.com.co/ur_evaluacin_de_cuatro_fertilizantes_en_la_produc.

Arévalo, G., Castellano, M. 2009. Manual de Fertilizantes y Enmiendas. Programa para la Agricultura. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 57p. Septiembre 2009

Bauer D, Rush I; Rasby R. (2009). Minerales y Vitaminas en Bovinos de Carne. Capítulo 4 Universidad de Nebraska, EE.UU. Med. Vet. Alfredo del Olmo.

Bazile D. et Al. (Editores), 2014. “Estado del Arte de la Quinoa En El Mundo En 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia), 724 Páginas.

Bazile; Baudron. (2013). Dinámica de Expansión Mundial del Cultivo de la Quinoa *Chenopodium quinoa* Willd, Respecto a su Alta Biodiversidad. Introducción al Estado del Arte de la quinoa. 2014, de BAZILE D. Et al. (Editores).

Betancourth C; Barco O; Rosas I Evaluación y transferencia de tecnología para tres genotipos promisorios de quinoa dulce (*Chenopodium quinoa* willd) en los Municipios de Pasto y Guaitarilla del Departamento de Nariño (2005-2006) p.3 recuperado de <https://www.google.com.co/>.

Bioversity International, FAO, PROINPA, INIAF y FIDA. 2013. Descriptores para quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. Bioversity International, Roma, Italia; Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia; Fundación PROINPA, La Paz, Bolivia; Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal, La Paz, Bolivia; Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola, Roma, Italia.

Calla J (2012) Análisis de suelos y fertilización en el cultivo de quinoa orgánica. Chacachaca-Pomata- Chucuito y Puno-Peru.

Campillo R, A sadzawca. (1993) La acidificación de los suelos, origen y mecanismos involucrados carrinllanca , Centro de investigaciones INNIA, la platina. Chile.

Cerón E; Forero C; Romo S; Rosero A (1 Marzo 2006) Potencial Nutricional de Harinas De quinoa (*Chenopodium Quinoa* Wild) Variedad Piartal en los Andes Colombianos primera parte- Facultad de Ciencias Agropecuarias- Ingeniera agroindustrial Universidad del Cauca, Vol 4 No. P 2

Cerón, E. 2002. La quinoa, un cultivo para el desarrollo de la zona andina. Unigraf, Pasto, Colombia.

Ciclo del Fosforo (P) Arévalo, Moreno (2013) Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/316651572/figure/fig1/AS:489993295667200@1493834913131/Figura-1-Ciclo-del-fosforo-Arevalo-Moreno-2013.jpg>.

Cronquist (1995); Wilson (1980)- Descripción botánica y taxonómica-La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial (2011).t
Dr. Lovesio Carlos, Metabolismo del Fosforo -Medicina Intensiva (2006) Buenos Aires Argentina.

Díaz A. (2014) “Evaluación de la Digestibilidad Aparente de Dietas con Quinoa en Sustitución de Soya en Caninos” (Tesis De Pregrado) Universidad Central Del Ecuador Facultad De Medicina Veterinaria Y Zootecnia. Quito-Ecuador

Elizondo Salazar, J. (2005). El Fósforo en Los Sistemas Ganaderos de Leche. Agronomía Mesoamericana, 16(2). Universidad de Costa Rica Alajuela, Costa Rica.

FAO – ALADI- Tendencias y Perspectivas del Comercio Internacional De Quinoa. Asociación Latinoamericana de Integración (ALADI) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) S a n t i a g o de chile, 2014.

Fernández, M; (2007). Fósforo: amigo o enemigo. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar,. 51-57.

Fidias G Arias. (2006). El proyecto de investigación.- Introducción A La Metodología Científica 5º Edición.

Fries, A. M., & Tapia, M. E. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO, ANPE-PERÚ.

Gandarillas, (1968); Tapia, (1990); Mujica, (1992)- Descripción botánica y taxonómica- La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.

García, M., Miranda, R., & Fajardo, H. (2014). Manual de manejo de la fertilidad de suelo bajo riego deficitario para el cultivo de la quinua en el altiplano boliviano.

García Miranda, J (2013) Sobre los pueblos y nacionalidades andinas-Perú

Gómez L; Aguilar E y FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) -Guía de cultivo de la quinua Universidad Nacional Agraria La Molina Lima, 2016

GDB Network (2020) Mercado Mundial de La Quinua Principales Plazas, Productores y Proyecciones recuperado: webmaster@prospectiva2020.com.

Gobernación del Cauca y la Cámara de Comercio del Cauca. (2016). (Enero 13, 2017), de El Liberal Sitio web:<http://elnuevoliberal.com/el-cauca-se-la-juega-con-la-quinua/#ixzz4vatgwwhh>.

Gobernación de Guatemala Investigación Sobre El Cultivo de La Quinua O Quinoa *Chenopodium Quinoa*- Abril, 2013.

Huamán, H. (2012). Manual de Nutrición y Fertilización de la Quinua. Lima: Funart.

Heisser y Nelson, 1974; Mujica, 1992; Lescano, 1994- Descripción botánica y taxonómica- La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial (2011) Bolivia.

INNOVAR, (Enero a Junio de 2005). Universidad Nacional de Colombia. - ciencias administrativas y sociales Análisis de variables- estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia.

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General De Formación Profesional - Nutrición Animal.-Principales nutrientes y sus funciones – (2016) Nicaragua.

INTAGRI. 2017. Síntomas Visuales de Deficiencia de Fósforo en los Cultivos. Serie Nutrición Vegetal Núm. 103. Artículos Técnicos de INTAGRI. México.
Extraído de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/sintomas-visuales-de-deficiencia-de-fosforo-en-los-cultivos>.

Melgar H; Ing. H Magen; Dra. P Imas International Plant Nutrition Institute IPIINTA-IPI El rol del Potasio en la Producción Agrícola (2011).

Jäger M y Hurtado J (2015) Taller “El cultivo de la quinua en Colombia y sus perspectivas futuras”. Centro Internacional de Agricultura Tropical, (CIAT (2015). Cali, Colombia

Jordán A, (2005-2006) Manual de Edafología Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola -Universidad de Sevilla-España

Jimenez D (2015) evaluación de la producción de quinua en siembra directa en la comarca lagunera. (Tesis de Pregrado) -universidad autónoma Antonio navarro unidad laguna división de carreras agronómicas. Torreon, Coahuila, Mexico

Lacouture M. (Presidenta de Pro Colombia) (2016). Casos de Éxito, Casos del sí se puede. Portada No 60.

López, V., & Fernanda, M. (2016). Comportamiento productivo de ovinas mestizas en el último tercio de la gestación y primera etapa de lactancia suplementadas con concentrado a base de quinua (*Chenopodium quinoa*)(Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Llanos Y. (2017) “Bacterias Solubilizadoras de Fosfato del Género *Bacillus* en Suelos de La Provincia de el Collao (Puno) y su efecto en la Germinación y Crecimiento de Quinua (*Chenopodium Quinoa* Willd.) En Condiciones de Invernadero” (tesis de pregrado) Universidad Nacional Del Altiplano Facultad De Ciencias Biológicas Escuela Profesional De Biología Puno – Perú

Medrano Echalar, A. M. (2010). Expansión del cultivo de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Willd.*) y calidad de suelos. Análisis en un contexto de sostenibilidad en el intersalar boliviano.

Molina Guevara, Fernández (2013) Universidad Nacional de Tucumán Cátedra de Edafología Facultad de Agronomía y Zootecnia.

Mujica & Sven. Jacobsen (2006) La quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*) y sus parientes silvestres Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 449-457.

Munera, G., & Meza, D. (2012). El fósforo elemento indispensable para la vida vegetal. Programa de tecnología química. Laboratorio de análisis de suelos, 13-15.

Nasa u'jünxin thegnxi Leyendo la vida nasa Serie Río de Letras Territorios Narrados PNLE Primera edición, Bogotá, abril 2014 No. p 8.

Nieto, C. (2013). La significación de los cultivos andinos para la seguridad alimentaria de los pueblos andinos y del mundo: un análisis en el escenario socio-ambiental actual.

Normas APA sexta edición por Centro de Escritura Javeriano-Licencia Creative Commons Attribution-Comercial- Internacional.

Ortega P., (1997) Manual Internacional de Fertilidad de Suelos, Modulo- La Textura del Suelo. Instituto de la Potasa y el Fósforo Ac Inpofos, Universidad Politécnica de Valencia

Pando, L. G., & Castellanos, E. A. (2016) Guía de cultivo de la quinua. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Universidad Nacional Agraria La Molina Lima

Pantoja (1997) Uso de Bacterias Fijadoras de Nitrogeno Con Diferentes Niveles de Abonamiento Orgánico en el Cultivo de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*),

Comunidad Villa Patarani, Altiplano Central. Universidad Mayor de San Andrés
Facultad De Agronomía- La Paz, Bolivia

Peralta, E., Murillo, Á., Rivera, M., Rodríguez, D., Lomas, L., & Monar, C. (2012). Manual Agrícola de Granos Andinos-Chocho, Quinoa, Amaranto y Ataco. Quito-Ecuador

Peralta E. (1985) La quinoa un gran alimento y su utilización. Boletín divulgatorio No 175. P.6-7. Ecuador.

Pérez y Urria (2009) La fotosíntesis-Fisiología Vegetal.).Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Biológicas

Pinto M, EL Cultivo De La Quinoa y El Clima en el Ecuador Estudios e Investigaciones Meteorológicas INAMHI – Ecuador.

PRATEC (1989-2005). Características de los sistemas agrícolas andinos. Tapia, M. E. y A.M. Fries. 2007. Guía de campo de los cultivos andinos (p.p 13 - 26). FAO y ANPE. Lima-Perú.

Proceso de la Fotosíntesis, disponible en:
<https://encryptedtbn1.gstatic.com/images?q=tbn:and9gcsvcimxmj>.

PROINPA (Fundación para la Promoción e Investigación de Productos Andinos) (2013) “La quinoa, cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial” - Estado Plurinacional de Bolivia.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente- avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio ambiente (2010). El Anuario del PNUMA. Recuperado: www.unep.org.

Quispe A (2014) Uso De Bacterias Fijadoras De Nitrogeno Con Diferentes Niveles De Abonamiento Orgánico En El Cultivo De Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd.), Comunidad Villa Patarani, Altiplano Central Universidad Mayor De San Andrésfacultad De Agronomía -La Paz, Bolivia.

Red de Comunicaciones MINIAGRICULTURA. (2016). La quinua *Chenopodium quinoa* Willd en Colombia es uno de los cultivos con gran potencial de crecimiento. 30/03/2016, de Red de Comunicaciones Sitio web: <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/La-quinua-en-Colombia-es-uno-de-los-cultivos-con-gran-potencial-de-crecimiento.aspx>

Rojas, W., & Pinto, M. (2013). La diversidad genética de quinua de Bolivia. In Congreso Científico de la Quinua (No. CIDAB-SB191. Q2-C61). Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (Bolivia) Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal.

Rojas W, Soto JL, Pinto M, Jäger M, Padulosi (editores). 2010. Granos Andinos. Avances, logros y experiencias desarrolladas en quinua, cañahua y amaranto en Bolivia. Bioversity International, Roma, Italia.

Rebollar, P. G., & Mateos, G. G. (1999). El fósforo en nutrición animal. Necesidades, valoración de materias primas y mejora de la disponibilidad. CURSO DE ESPECIALIZACIÓN FEDNA. Avances en nutrición y alimentación animal, XV, 19-64.

Scotto F y Chech M. (2012) Manual de producción de quinua orgánica-Guía para agricultores de la Sierra Norte del Ecuador.

Soil Science Society of América (1987); López y Roquero (1999); Brady y Weil, (2002); Schoeneberger et al. 2002.

Tapia, (1990); Dizes y Bonifacio, (1992); Rojas, (2003) Descripción botánica y taxonómica - La Quinua: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.

Tapia, Mario, Aroni, Genaro. (2001) Tecnología del Cultivo Orgánico de la Quinua. Oficina Regional De Producción Vegetal Para América Latina Y El Caribe

Tomassi, G. (2002) Fósforo: Un Nutriente Esencial En La Dieta Humana- Informaciones Agronomicas No. 47

Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD)- Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Descripción de líneas de Investigación en la Escuela ECAPMA (2013).

Vargas, M. (Ed). 2013. Congreso Científico de la Quinua (Memorias). La Paz, Bolivia. 682 p.

Vidaurre Jai., N. Paniagua & M Moraes. Etnobotánica en los Andes de Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, 2006: 224-238.

Villarreal, G., & Alfaro, E. (1997). Manual internacional de fertilidad de suelos. Potash & Phosphate Institute.

Woldemichael (2001) y Wink (2012). ¿La Alta Salinidad Afecta Las Propiedades Nutricionales de La Quinua? Estado del Arte de La Quinua 2013 (p.179) “Estado del Arte de la Quinua En El Mundo En 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia),

Zambrano Cabanilla, E (2006) El legado de los pueblos indígenas.

Zumba, L., & Yerobi, S. (2016). Respuesta de la quinua variedad tunkahuan a la fertilización nitrogenada, en las condiciones edafoclimáticas de la Argelia(Bachelor's thesis, Loja: Universidad Nacional de Loja). 2016.